• Henry G. • Kuswanto • Tuti Hartiningsih

# IPA

## untuk SMP/MTs Kelas VIII

Jilid 2

Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

**IPA 2**

**Untuk Kelas VIII SMP / MTs**

Penyusun : Henry G
Kuswanto
Tuti Hartiningsih
Lay Out : Atit W
Desain Sampul : Agus Sudiyanto
Ukurab Buku : 17,6 x 25 cm

507
HEN HENRY, G
i IPA 2 : untuk SMP/MTs Kelas VIII / penyusun, Henry G, Kuswanto, Tuti Hartiningsih. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
ix, 334 hlm, : ilus. ; 25 cm

Bibliografi : hlm.326-327
Indeks
ISBN 978-979-068-759-2 (no.jilid lengkap)
ISBN 978-979-068-763-9

1. Sains-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Henry G III. Kuswanto IV. Tuti Hartiningsih



Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

# Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 9 Tahun 2009.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

# Kata Pengantar

Sains atau lebih dikenal Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam secara sistematis, sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep atau prinsip-prinsip saja, tetapi juga merupakan suatu proses penemuan. Pendidikan IPA diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembelajarannya menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pendidikan IPA diarahkan untuk inkuiri dan berbuat sehingga dapat membantu peserta didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam sekitar.

Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) IPA di SMP/MTs merupakan standar minimum yang secara nasional harus dicapai oleh peserta didik dan menjadi acuan dalam pengembangan kurikulum di setiap satuan pendidikan. Pencapaian SK dan KD didasarkan pada pemberdayaan peserta didik untuk membangun kemampuan, bekerja ilmiah, dan pengetahuan sendiri yang difasilitasi oleh guru.

Mata pelajaran IPA di SMP/MTs bertujuan agar peserta didik memiliki kemampuan sebagai berikut.

1. Meningkatkan keyakinan terhadap kebesaran Tuhan Yang Maha Esa berdasarkan keberadaan, keindahan, dan keteraturan alam ciptaan-Nya.
2. Mengembangkan pemahaman tentang berbagai macam gejala alam, konsep dan prinsip IPA yang bermanfaat dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.
3. Mengembangkan rasa ingin tahu, sikap positif, dan kesadaran terhadap adanya hubungan yang saling memengaruhi antara IPA, lingkungan, teknologi, dan masyarakat.
4. Melakukan inkuiri ilmiah untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bersikap dan bertindak ilmiah serta berkomunikasi.
5. Meningkatkan kesadaran untuk berperan serta dalam memelihara, menjaga, dan melestarikan lingkungan serta sumber daya alam.
6. Meningkatkan kesadaran untuk menghargai alam dan segala keteraturannya sebagai salah satu ciptaan Tuhan.
7. meningkatkan pengetahuan, konsep, dan keterampilan IPA sebagai dasar untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang selanjutnya.

Kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan buku ini, mulai dari koreksi, edit dan cetak kami mengucapkan banyak terima kasih. Tegur sapa yang bersifat membangun, kami terima dengan tangan terbuka.

Surakarta, Mei 2008

**Tim Penyusun**

# Petunjuk Penggunaan Buku

Buku ini menyajikan materi dan variasinya yang berfungsi menyeimbangkan pengalaman belajar, yaitu dari segi etika, estetika, logika maupun kinestika.

1. Buku ini ditulis sebagai referensi tambahan bagi siswa SMP dalam belajar Sains. Sehingga dengan rajin melakukan eksperimen, membaca dan memahami materi dan soal-soal latihan siswa menjadi menguasai sains.
2. Buku ini disajikan dimulai dari pendahuluan, eksperimen, penyajian rumus dan konsep, rangkuman dan diakhiri dengan soal latihan.
3. Cara mempelajari buku ini, baca dengan cermat pendahuluannya, lakukan eksperimen, buat kesimpulan eksperimen, koreksilah apakah hasil kesimpulan eksperimen anda sama dengan hasil pada buku . Jika demikian anda telah mampu bereksperimen. Kemudian perlu diperhatikan konsep dasar apa pada setiap sub bab yang penting, baca rangkuman, kerjakan latihan dan cocokkan pekerjaan anda dengan kunci yang tersedia.
4. Penguasaan Sains dalam kehidupan ini sangat penting. Sebab dengan produk Sains (teknologi) hidup menjadi bahagia dan mudah serta murah.
5. Jika Anda belajar secara berurutan dan kontinu (teratur) dari buku ini Anda tidak akan mengalami kesulitan belajar Sains/Fisika, Kimia dan Biologi) di SMA. Jika Anda ingin meraih Nobel bidang Sains kuasailah buku ini terlebih dahulu.
6. Bagi Bapak-ibu guru, sebelum menggunakan buku ini, sebaiknya bapak-ibu membacanya terlebih dahulu dan jika belum jelas bacalah buku sumbernya. Jika perlu bapak-ibu juga melakukan eksperimen terlebih dahulu.

   Apabila ada perbedaan simbol dengan buku lain itu bukan persoalan yang mendasar, dan jika ada beda konsep tolong berkomunikasi dengan penulis melalui percetakan.

Selamat belajar, semoga sukses.

**Penulis,**

# Daftar Isi

Bab I

# Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup

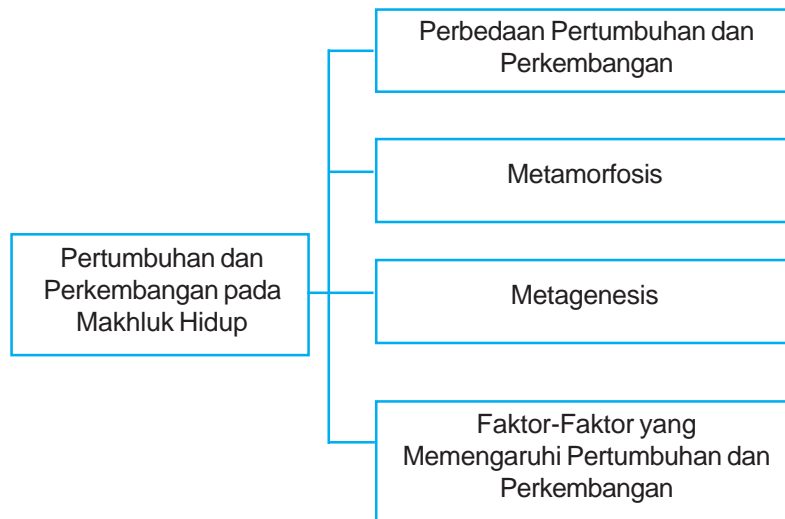
## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:

1. menyebutkan perbedaan pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup.
2. membedakan antara metamorfosis dan metagenesis.
3. menyebutkan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan.

**Sumber:** www.kidsgeo.com

## Peta Konsep

- Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup
  - Perbedaan Pertumbuhan dan Perkembangan
  - Metamorfosis
  - Metagenesis
  - Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan

### Kata Kunci

- nutrisi
- gen
- hormon
- metamorfosis
- metagenesis
- ametabola
- hemi metabola

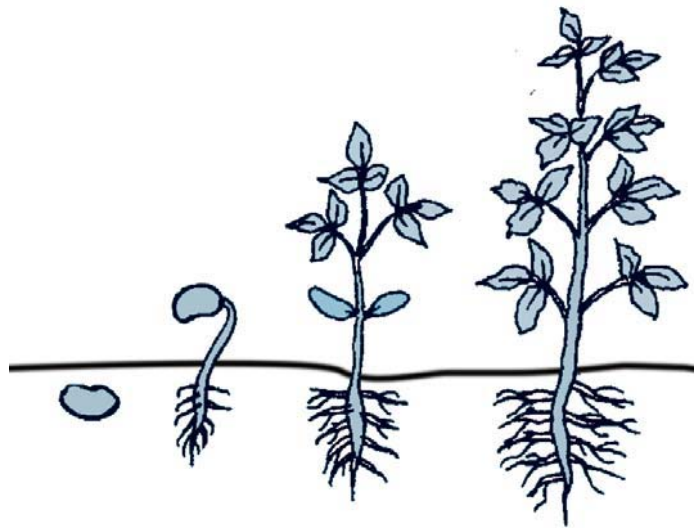
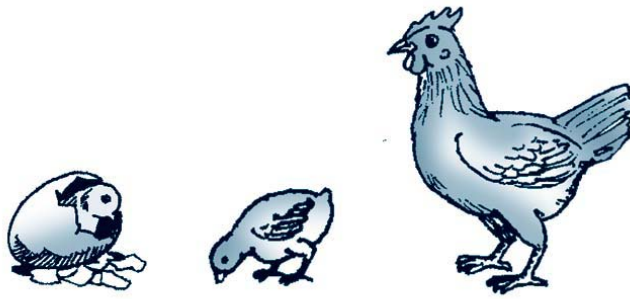
Pernahkah kamu memperhatikan foto kalian semasa masih bayi? Kadang kalian heran dengan keadaanmu sekarang yang sudah remaja. Sering tidak mengenali foto kalian semasa masih kecil. Kalau tidak diberi tahu oleh orang tuamu kelak kalian akan menjadi dewasa dan menjadi orang tua dari semasa bayi sampai sekarang. Kalian telah mengalami pertumbuhan dan perkembangan.

Begitu juga pada tumbuhan dan hewan akan mengalami perubahan dari kecil menjadi besar.

Coba lihat gambar di bawah ini.

***Pada Manusia***

***Pada Tumbuhan***

*Pada Hewan*

## A. Perbedaan Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup

Pertumbuhan dan perkembangan suatu makhluk hidup harus berjalan sejajar dan seimbang. Jika pertumbuhan berjalan cepat dan tidak diikuti dengan perkembangannya, maka dapat menimbulkan ketidakseimbangan atau ketidakharmonisan dari fungsi organ-organ tubuh. Misalnya tumbuhan yang tumbuh terlindung oleh tanaman lain, maka tumbuhan tersebut akan menunjukkan pertumbuhan yang cepat, yang melebihi pertumbuhan normal. Peristiwa tersebut menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara pertumbuhan dan perkembangannya.

Peristiwa tersebut juga bisa terjadi pada manusia, misalnya terjadi pertumbuhan fisik yang cepat yang tidak diikuti perkembangannya, sehingga bentuk fisik seperti orang dewasa tapi cara berpikir, bertingkah laku dan bersikap, seperti anak kecil.

Berdasarkan contoh di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa antara pertumbuhan dan perkembangan dapat dibedakan berdasarkan perubahan ukuran yang terjadi pada makhluk hidup. Pertumbuhan adalah suatu peristiwa perubahan ukuran yang bersifat irreversibel, yang berarti tidak bisa berubah kembali ke bentuk asalnya. Hal ini disebabkan adanya tambahan substansi dan perubahan bentuk selama proses pertumbuhan berlangsung. Perubahan ukuran pada pertumbuhan adalah perubahan ukuran yang terjadi, baik volume, masa, tinggi, dan lain-lain.

Makhluk hidup terjadi dari pertemuan sel kelamin jantan (sperma) dengan telur (ovum), berkembang menjadi janin, bayi, dan akhirnya menjadi dewasa. Embrio pada tumbuhan nanti akan menjadi biji yang berkecambah dan menjadi tumbuhan dewasa, berbunga dan berbuah.

Hal tersebut selain pertumbuhan seiring dengan itu terjadi perkembangan yaitu menuju ke arah kedewasaan. Jadi perkembangan dapat diartikan ”sebagai proses menuju ke arah kedewasaan” atau tingkat kesempurnaan. Hanya perkembangan tidak dapat diukur seperti pada pertumbuhan maka tidak dapat dinyatakan secara kuantitatif, melainkan dinyatakan secara kualitatif.

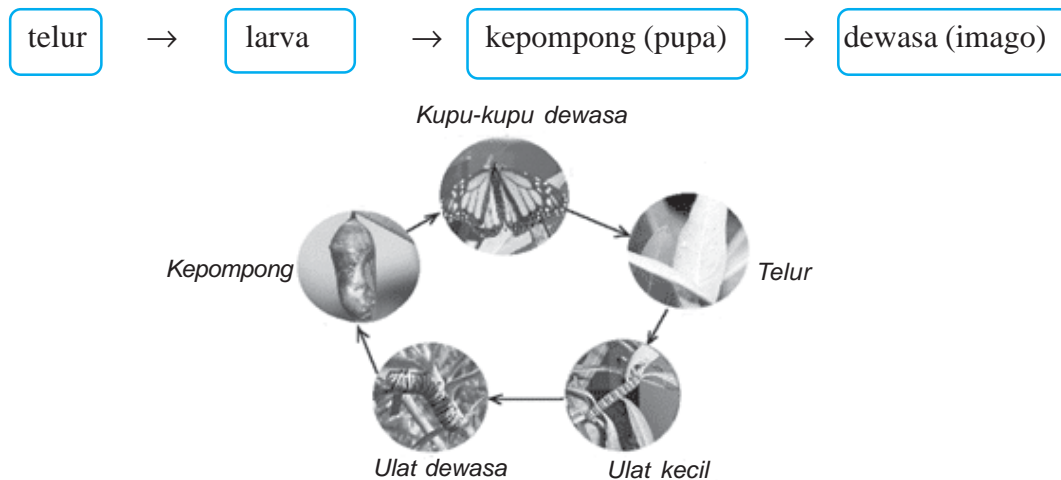
Jadi, pertumbuhan dan perkembangan selalu seiring sejalan yang tidak bisa dipisahkan.

## B. Metamorfosis dan Metagenesis

Setiap makhluk hidup mengalami pertumbuhan dan perkembangan dengan melalui tahapan-tahapan, mulai dari satu sel sampai menjadi organisme.

### 1. Metamorfosis atau Metabola

Metamorfosis adalah proses perubahan bentuk baik struktur maupun fungsi organ-organ tubuh makhluk hidup. Metamorfosis biasanya terjadi pada hewan. Seperti pada serangga dan katak. Cobalah kamu amati telur kupu-kupu yang menempel pada daun? Jika telur kupu-kupu tersebut menetas akan menjadi larva, larva memakan daun-daun dan akhirnya tumbuh menjadi besar. Pada saat-saat selanjutnya larva tersebut akan mulai membuat dinding yang melindungi tubuhnya dan berubah menjadi kepompong atau pupa. Setelah selesai mengalami proses perkembangan, individu akan keluar dari kepompong dan telah berubah menjadi kupu-kupu dengan sayap yang indah warnanya. Secara singkat perkembangan telur menjadi dewasa pada kupu-kupu dapat dibuat skema sebagai berikut.

telur → larva → kepompong (pupa) → dewasa (imago)


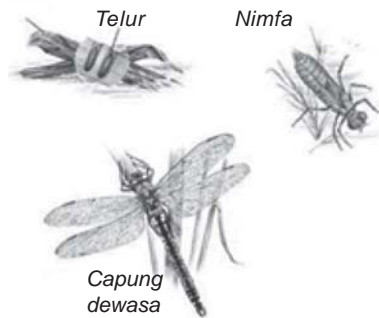

**Gambar 1.3** Struktur metamorfosis kupu-kupu
**Sumber:** 1000 Thing You Sheuld Know About, Human Body

Metamorfosis pada serangga dapat dibedakan menjadi tiga macam:

## a. Ametabola

Ametabola adalah golongan serangga yang tidak mengalami metamorfosis, misalnya kutu buku. Setelah telur menetas, serangga menjadi hewan kecil kemudian berkembang menjadi dewasa yang tidak mengalami perubahan bentuk hanya terjadi perubahan ukuran.

## b. Hemimetabola

Telur
Nimfa
Capung dewasa

**Gambar 1.5** Hemimetabola
**Sumber:** entomology.acr.edu

Hemimetabola adalah kelompok serangga yang mengalami metamorfosis tidak sempurna, misalnya belalang, laron, dan capung. Serangga ini hanya mengalami tiga tahap perkembangan yaitu telur, larva (nimpa), dan imago, jadi tidak melalui pupa (kepompong).

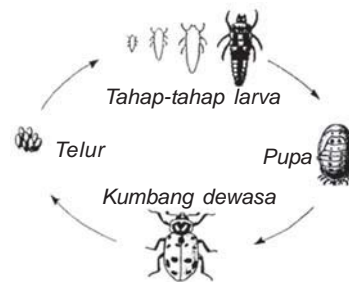
## c. Holometabola

Holometabola adalah kelompok serangga yang mengalami metamorfosis sempurna, misalnya kupu-kupu, lalat, dan nyamuk. Serangga ini mengalami empat tahap perkembangan yaitu telur, larva, pupa (kepompong), dan imago.

Selain pada serangga hewan bertulang belakang ada yang mengalami metamorfosis misalnya katak.

Katak mengalami metamorfosis dalam siklus hidupnya. Perhatikan Gambar di samping. Telur-telur yang berada di dalam air dan terbungkus oleh cairan lendir, berkembang menjadi larva. Larva katak memiliki suatu alat isap untuk menempel pada rumput air, insang luar, dan suatu gigi parut untuk memarut lapisan bawah daun rumput air. Insang luar kemudian berangsur-angsur hilang lalu muncul insang dalam. Akhirnya, kaki depannya pun tumbuh sedangkan ekornya secara berangsur-angsur menyusut dan menghilang, terbentuklah katak dewasa. Katak dewasa sudah tidak berekor lagi dan makannya juga mengalami perubahan.

Katak dewasa merupakan pemangsa (pemakan hewani), juga alat pernapasannya berubah dari insang menjadi paru-paru.

Tahap-tahap larva
Telur
Pupa
Kumbang dewasa

**Gambar 1.5** Holometabola
**Sumber:** www.tumoutas.net

Katak melakukan perkawinan
Telur
Kecebong
Katak muda
Katak dewasa

**Gambar 1.6** Struktur metamorfosis katak
**Sumber:** Ensiklopedi Sains dan Kehidupan

### Kecakapan Personal

Isilah titik-titik pada tabel berikut dengan mengisi tanda cek (✓) pada jawaban yang benar!

Tabel 3.1 Metamorfosis pada Hewan

| No. | Jenis Hewan | Holometabola | Hemimetabola | Ametabola |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Belalang | | | |
| 2. | Jangkrik | | | |
| 3. | Lipas/kecoak | | | |
| 4. | Nyamuk | | | |
| 5. | Kupu-kupu | | | |
| 6. | Kutu buku | | | |
| 7. | Walang Sangit | | | |
| 8. | Capung | | | |
| 9. | Lebah madu | | | |
| 10. | Lalat | | | |

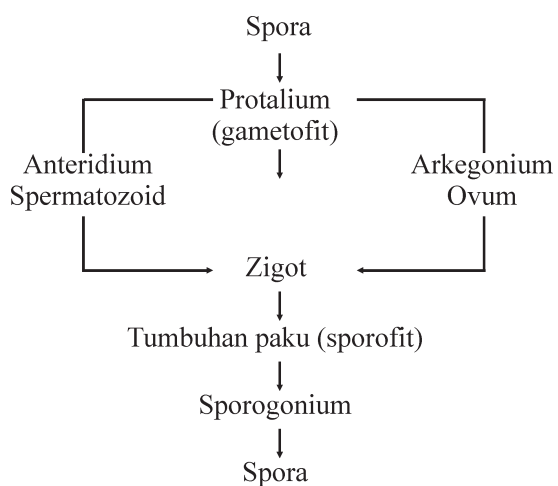
## 2. Metagenesis

Metagenesis adalah pergantian keturunan, yang biasanya terjadi pada tumbuhan yang berspora, di mana generasi yang berreproduksi secara seksual diganti dengan generasi yang berreproduksi secara aseuksual.

Tumbuhan yang mengalami metagenesis yang dapat diamati dengan jelas ialah pada tumbuhan lumut dan paku. Lumut dan paku sama-sama memiliki generasi seksual yang disebut generasi gametofit dan generasi aseksual yang disebut generasi sporofit pada tumbuhan lumut. Lumut yang kita lihat sehari-hari merupakan generasi seksual (generatif) yang disebut gametofir, sedang generasi sporofitnya kecil, yang masih menumpang pada generasi gametofitnya.

Sebaliknya tumbuhan paku, yang sering kita lihat adalah generasi sporofit-nya, sedang generasi gametofitnya yaitu protalium yang kecil.

Pergiliran keturunan pada tumbuhan paku dapat dibuat skema seperti berikut ini.

Spora
↓
Protalium (gametofit)
Anteridium Spermatozoid | Arkegonium Ovum
↓
Zigot
↓
Tumbuhan paku (sporofit)
↓
Sporogonium
↓
Spora

Semua makhluk hidup mempunyai ciri-ciri tumbuh dan berkembang. Tumbuh ialah bertambahnya ukuran tubuhnya, baik panjang/tinggi maupun beratnya. Makhluk hidup yang mengalami pertumbuhan ukuran tubuhnya tidak bisa kembali ke ukuran semula. Jadi, pertumbuhan bersifat *irreversible*. Perkembangan makhluk hidup merupakan proses menuju kedewasaan atau kematangan seluruh organ tubuh.

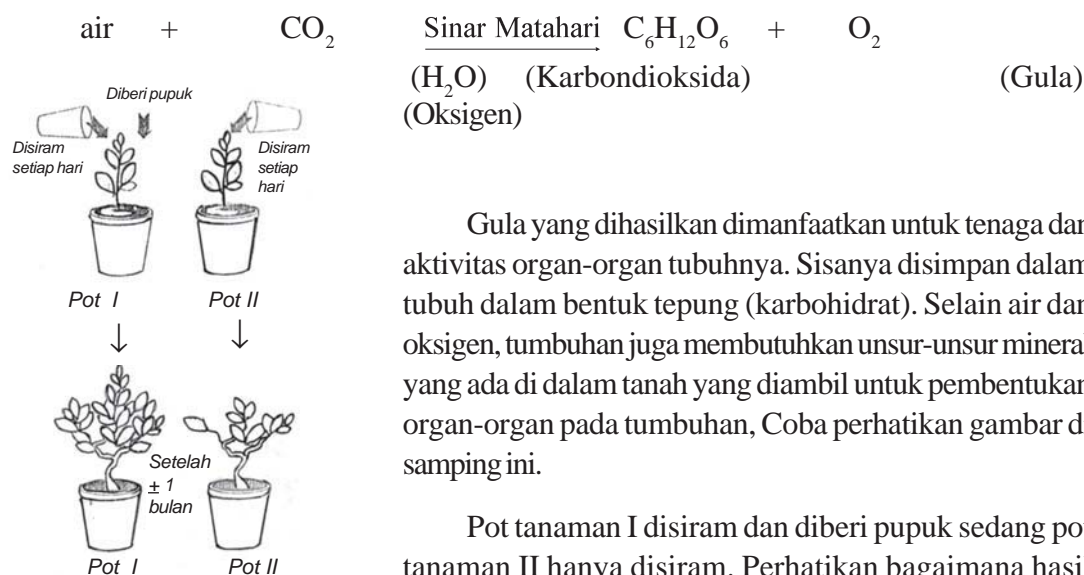
## C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup

### 1. Makanan (Nutrisi)

Makanan (nutrisi) merupakan kebutuhan yang mutlak bagi makhluk hidup. Untuk memenuhi kebutuhannya, makhluk hidup mempunyai cara yang berbeda-beda baik tumbuhan, hewan, dan manusia.

Tumbuhan mempunyai klorofil, sehingga dapat menyediakan makanannya sendiri. Klorofil yang terdapat pada daun mampu dipakai untuk membentuk makanan dalam proses fotosintesis. Bahan yang dipakai dalam proses fotosintesis ialah air ($H_2O$) dan gas karbondioksida ($CO_2$). Dengan bantuan sinar matahari, proses fotosintesis bisa terjadi secara sederhana. Reaksi fotosintesis sebagai berikut.

$$\text{air} + CO_2 \xrightarrow{\text{Sinar Matahari}} C_6H_{12}O_6 + O_2$$

($H_2O$) (Karbondioksida) (Gula) (Oksigen)

Gambar 1.1 Perbedaan pertumbuhan tanaman yang diberi tambahan pupuk dan tidak

Gula yang dihasilkan dimanfaatkan untuk tenaga dan aktivitas organ-organ tubuhnya. Sisanya disimpan dalam tubuh dalam bentuk tepung (karbohidrat). Selain air dan oksigen, tumbuhan juga membutuhkan unsur-unsur mineral yang ada di dalam tanah yang diambil untuk pembentukan organ-organ pada tumbuhan, Coba perhatikan gambar di samping ini.

Pot tanaman I disiram dan diberi pupuk sedang pot tanaman II hanya disiram. Perhatikan bagaimana hasil pertumbuhannya (Gambar 1.1).

Gambar 1.2 Manusia dan hewan memanfaatkan tumbuhan untuk makanannya
Sumber: www.ctribonline.co.uk

Manusia dan hewan tidak punya klorofil maka tidak bisa membuat makanan sendiri. Untuk itu, manusia dan hewan memanfaatkan tumbuhan untuk makanannya. Perhatikan gambar 1.2 di samping ini.

## 2. Lingkungan

Lingkungan makhluk hidup yang berupa: air, suhu, cahaya, dan kelembapan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.

### a. Air

Semua makhluk hidup membutuhkan air. Ingatkah kamu bahwa lebih kurang 80% dari tubuh makhluk hidup terdiri atas air? Begitu pula pada tumbuhan, air sangat diperlukan terutama untuk pertumbuhan, transportasi, fotosintesis, dan pembentukan sel-sel baru.

### b. Suhu

Setiap tumbuhan mempunyai suhu optimum, yaitu suhu yang sebaik-baiknya untuk pertumbuhan. Tumbuhan tidak dapat melakukan pertumbuhan pada suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi. Selain suhu optimum, setiap jenis tumbuhan memiliki suhu maksimum dan suhu minimum yang berbeda-beda. Tumbuhan di daerah tropis mempunyai suhu minimun untuk pertumbuhan adalah 10$^{o}$C sedangkan tumbuhan di daerah dingin mempunyai suhu minimum untuk pertumbuhan lebih kurang 5$^{o}$C. Bahkan tumbuhan ganggang ada yang dapat hidup pada suhu 0$^{o}$C, misalnya di daerah kutub atau di puncak gunung yang tinggi. Sebaliknya, bakteri dan jenis ganggang tertentu ada yang dapat hidup pada sumber-sumber air panas dengan suhu minimum 30$^{o}$C dan suhu maksimum di atas 70$^{o}$C.

### c. Cahaya

Cahaya matahari sangat dibutuhkan oleh tanaman hijau untuk melakukan proses fotosintesis. Akan tetapi, untuk pertumbuhan tanaman, cahaya bersifat menghambat.

### d. Kelembapan

Pada umumnya tanah dan udara yang lembap berpengaruh pada pertumbuhan. Tanah yang lembap sangat memudahkan tumbuhan untuk menyerap air. Udara yang lembap sangat menghambat penguapan, sehingga air yang masuk lebih banyak dibanding air yang diuapkan. Dengan demikian sel-sel tumbuhan dapat membentang maksimum.

## Mari Bereksperimen

Tujuan : Membuktikan pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan.

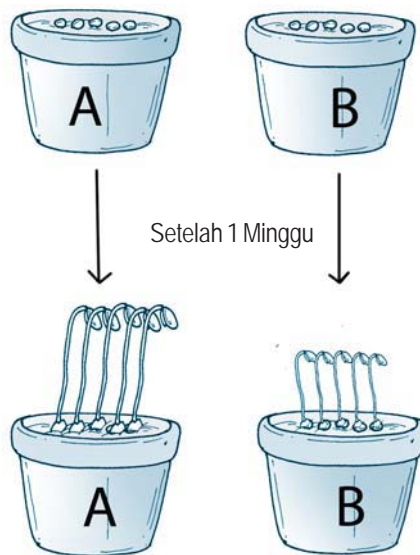
Bahan : 10 biji kacang tanah yang sama besar.
2 pot yang sama ukurannya
tanah yang telah dicampur pupuk kompos.

Cara kerja :

1. Ambil 2 pot dan diisi campuran tanah dan pupuk dengan ukuran yang sama banyak, kemudian pot yang satu diberi tanda huruf A, dan pot yang lain dengan huruf B.
2. Ambil 5 biji kacang tanah dan tanamlah pada pot A dan 5 biji kacang yang lain ditanam pada pot B.
3. Letakkan pot A di dalam rumah dan pot B letakkan di tempat terbuka di halaman rumah yang langsung terkena sinar matahari. Kemudian lakukan penyiraman dengan air secukupnya kepada kedua pot tersebut.
4. Amati pertumbuhan biji kacang pada pot A dan B setelah 1 minggu
5. Bagaimana pertumbuhan kacang dari kedua pot tersebut? Apa pendapatmu dari hasil pengamatan tersebut hubungannya dengan cahaya?

A B

Setelah 1 Minggu

A B

Tahukah kamu bahwa pertumbuhan yang cepat di tempat yang gelap disebut etiolasi

## 3. Gen (Sifat Keturunan)

Setiap makhluk hidup pasti membawa sifat keturunan dari induk atau nenek moyangnya. Sekarang coba amatilah apakah kamu memiliki sifat-sifat yang ada pada ayah atau ibumu? Mungkin jenis rambut, bentuk hidung, warna kulit, tinggi badan, bentuk bibir, dan lain-lain. Mungkin juga sifat atau bakat dari orang tuamu.

Gambar
Sumber:

Pada tumbuhan juga memiliki sifat yang diturunkan pada keturunannya, baik tumbuhan yang sejenis maupun yang berlainan jenis. Pada tumbuhan yang menghasilkan biji, biji yang dihasilkan ada yang besar dan ada pula yang kecil. Pada saat ditanam, biji yang besar diharapkan dapat tumbuh lebih baik dari yang kecil. Pada tumbuhan yang berlainan jenis, misalnya tumbuhan padi dan tumbuhan kelapa. Pertumbuhan tumbuhan padi tidak seperti pada pertumbuhan tumbuhan kelapa yang tinggi.

## 4. Zat Tumbuh (Hormon)

Tumbuhan juga mempunyai zat tumbuh untuk mendukung pertumbuhan organ-organ tubuhnya. Zat tumbuh tersebut antara lain:

### a. Kalin

Kalin merupakan hormon pertumbuhan pada organ-organ tertentu, misalnya *kaulakolin* merangsang pertumbuhan batang, *rhizokalin* merangsang pertumbuhan akar, *Silokalin* merangsang pertumbuhan daun, *anthokalin* merangsang pertumbuhan bunga, *asam traumalin* merangsang penyembuhan luka pada tanaman dikotil.

### b. Auksin

Zat tumbuh ini terletak di ujung batang. *Auksin* berfungsi melangsungkan perpanjangan sel, melangsungkan titik tumbuh, melangsungkan pembentukan buah dan pertumbuhan akar.

**Info Sains**

Pohon mini ini hasil kesenian Jepang yang disebut "bonsai". Untuk mengerdilkan pohon diperlukan keahlian. Pertumbuhan diperlambat dengan mempersempit tempat akar dan memotong tunas serta pucuknya. Hasilnya pohon kecil, batangnya berkelok dan daunnya kecil.

*Sumber: Pustaka Pengetahuan Modern, Dunia Tumbuhan*

### c. Giberelin

Giberelin berfungsi untuk merangsang aktivitas kambium. Giberelin depan menyebabkan tanaman cepat berbunga dan menyebabkan tanaman tumbuh raksasa.

### d. Sitokinin

Sitokinin berfungsi untuk merangsang pertumbuhan sel, merangsang daerah pucuk tumbuh ke samping, merangsang pelebaran daun, dan menunda pengguguran daun, bunga, dan buah.

**Kecakapan Kontekstual**

Amatilah tumbuh-tumbuhan yang ternaung oleh tanaman lain dengan yang tumbuh di tempat terbuka.

- Amati pertumbuhan batang daun-daunnya.
- Apa pendapatmu dan buatlah kesimpulan.
- Buat laporannya, dan kumpulkan.

## Rangkuman

1. Pertumbuhan adalah suatu peristiwa perubahan secara biologi pada makhluk hidup, yang berupa perubahan ukuran yang bersifat irreversibel, yang berarti tidak bisa berubah kembali ke bentuk semula (asalnya).
2. Perkembangan adalah proses menuju ke arah tercapainya kedewasaan, perkembangan tidak dapat diukur seperti pertumbuhan, maka tidak bisa dinyatakan secara kuantitatif, melainkan secara kualitatif.
3. Metamorfosis merupakan proses perubahan bentuk baik struktur maupun fungsi organ-organ tubuh makhluk hidup.

   Metamorfosis dibagi menjadi tiga:
   - Ametabola
   - Hemimetabola
   - Holometabola
4. Metagenesis adalah pergantian keturunan yang biasanya terjadi pada tumbuhan berspora seperti lumut dan paku.
5. Faktor-faktor yang memengaruhi keturunan seperti: gen, lingkungan dan zat tumbuh.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Arti pertumbuhan pada makhluk hidup adalah ....
   a. bertambahnya luas penyebaran spesies
   b. terjadi perubahan bentuk yang terus menerus
   c. penambahan ukuran yang dapat diukur
   d. proses menuju ke arah kedewasaan

2. Pupuk kompos berasal dari ....
   a. kotoran hewan
   b. daun-daun
   c. kotoran hewan dan daun-daun
   d. campuran sisa-sisa organik

3. Serangga di bawah ini yang mengalami metamorfosis sempurna, adalah ....
   a. capung   c. nyamuk
   b. laron   d. kutu buku

4. Serangga di bawah ini yang mengalami metamorfosis tidak sempurna adalah ....
   a. lalat
   b. kupu-kupu
   c. semut
   d. belalang sembah

5. Tumbuhan di bawah ini yang mengalami metagenesis, adalah ....
   a. paku-pakuan   c. angiospermae
   b. gimnospermae   d. ganggang

6. Perkembangan adalah ....
   a. bertambah besarnya makhluk hidup
   b. menuju ke arah kedewasaan
   c. tidak sejajar dengan pertumbuhan
   d. bertambahnya sel-sel baru

7. Dampak pupuk buatan terhadap tanah adalah ....
   a. tanah menjadi gembur karena diberi pupuk
   b. tanah menjadi keras karena mikro organisme mati
   c. tanah menjadi subur dan banyak mikroorganisme
   d. bakteri pengurai menjadi banyak

8. Alat yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan batang disebut ....
   a. termometer   c. auksanometer
   b. higrometer   d. tensimeter

9. Faktor yang menghambat pertumbuhan tanaman adalah ....
   a. fitohormon dan suhu
   b. fitohormon
   c. suhu dan kelembaban udara
   d. cahaya

10. Hormon yang memengaruhi atau merangsang pertumbuhan akar disebut ....
    a. rhizokalin   c. anthokalin
    b. kaulokalin   d. filokolin

11. Urutan dari metamorfosis sempurna adalah ....
    a. telur - larva - pupa - imago
    b. telur - pupa - larva - imago
    c. telur - larva - imago - pupa
    d. telur - imago - larva - pupa

12. Salah satu jenis tumbuhan yang mampu tumbuh di tempat-tempat sumber air panas adalah ....
    a. jamur
    b. paku
    c. ganggang tertentu
    d. lumut

13. Di bawah ini yang **bukan** merupakan fungsi dari giberelin, adalah ....
    a. merangsang pembelahan sel
    b. merangsang aktivitas kambium
    c. menyebabkan tanaman cepat berbunga
    d. menyebabkan tanaman tumbuh raksasa
14. Asam traumalin merupakan hormon yang merangsang ....
    a. penyembuhan luka
    b. pertumbuhan batang
    c. pertumbuhan akar
    d. pertumbuhan daun
15. Di bawah ini merupakan bagian dari sporogonium, **kecuali** ....
    a. anteridium
    b. kalipatra
    c. operkulum
    d. seta

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Apa yang disebut dengan metamorfosis? Ada berapa macam, sebutkan!
2. Apa perbedaan antara pertumbuhan dan perkembangan?
3. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan!
4. Apa yang disebut metagenesis? Sebutkan contohnya!
5. Sebutkan fungsi dari hormon auksin!
6. Sebutkan macam-macam titik tumbuh pada tumbuhan dikotil!
7. Apa yang disebut hormon kalin? Ada berapa macam? Sebutkan!
8. Apa yang disebut etiolasi?
9. Apa yang disebut pertumbuhan yang bersifat irreversibel?
10. Sebutkan urutan siklus hidup pada katak!

## Tugas Proyek

**Tujuan: Membuktikan pengaruh pupuk pada tumbuhan**

**Alat dan bahan:**

1. Dua buah tanaman dalam pot (tanaman A dan tanaman B)
2. Pupuk kandang
3. Air

**Cara kerja:**

1. Ambillah tanaman A kemudian berilah pupuk dan siram setiap hari.
2. Ambillah tanaman B kemudian siramlah setiap hari tanpa diberi pupuk.
3. Tunggulah kedua tanaman tersebut kira-kira 1 bulan.
4. Setelah satu bulan, bandingkan pertumbuhan kedua tanaman tersebut!
5. Apa yang dapat kamu simpulkan dari percobaan yang telah kamu lakukan?

Bab II

# Tahapan Perkembangan Manusia

## Tujuan Pembelajaran

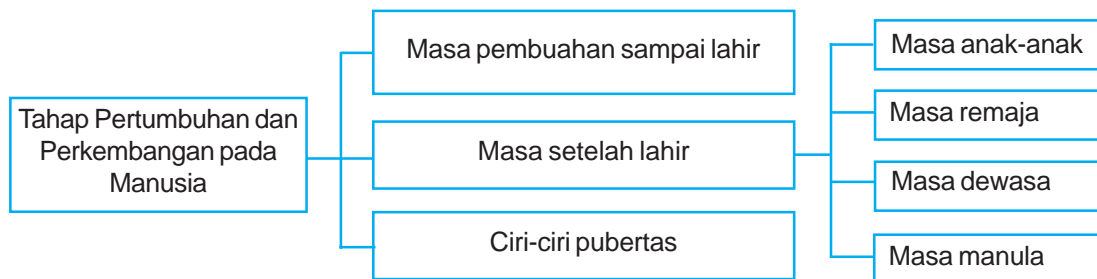
Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan mampu untuk:

1. memahami proses pembuahan sampai kelahiran pada manusia.
2. menjelaskan secara urut masa setelah lahir dari bayi, masa kanak-kanak, masa remaja, masa dewasa dan manula.
3. menyebutkan ciri-ciri remaja yang mengalami pubertas.

**Sumber:** www.abimuclih.files.wordpress.com

Manusia juga mengalami tumbuh dan berkembang mulai. Dari proses pembuahan, kemudian kelahiran sampai masa manula. Tahukah kamu mengapa proses pertumbuhan setiap orang berbeda? Apa saja yang menjadi faktor pertumbuhan tersebut?

## Peta Konsep

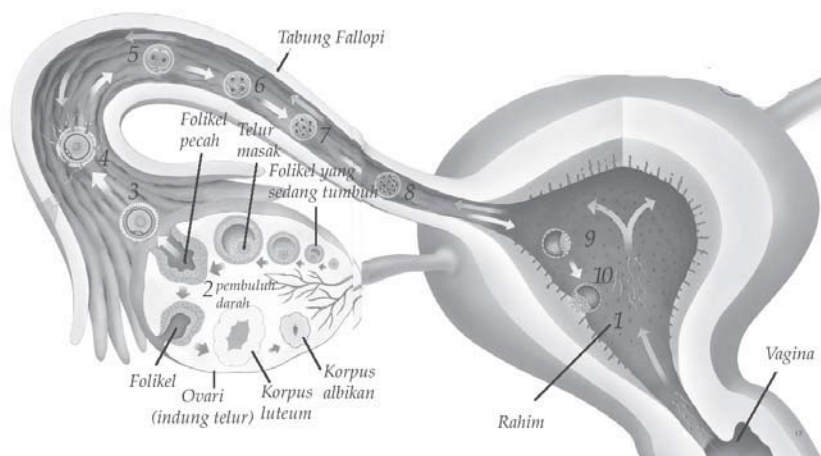
Tahap Pertumbuhan dan Perkembangan pada Manusia
- Masa pembuahan sampai lahir
- Masa setelah lahir
  - Masa anak-anak
  - Masa remaja
  - Masa dewasa
  - Masa manula
- Ciri-ciri pubertas

## Kata Kunci

- fertilisasi
- implantasi
- embrio
- fetus
- manula
- pubertas

Sekarang kamu sudah duduk di kelas VIII, punya tubuh yang lengkap dapat bermain-main dengan sesama teman-teman, kamu tidak menyadari bahwa beberapa tahun yang lalu kamu masih berupa bayi yang belum bisa apa-apa. Sebelum menjadi bayi, kamu masih berada di dalam kandungan ibu. Nah, bagaimana perubahan yang terjadi beberapa tahun lagi? Kamu akan menjadi dewasa dan kemudian menjadi orang tua. Sekarang marilah kita pelajari pertumbuhan dan perkembangan manusia yang dapat dibagi menjadi beberapa tahap, sebagai berikut.

# A. Tahap-Tahap Pertumbuhan dan Perkembangan Pada Manusia

## 1. Masa Pembuahan Sampai Lahir

Pembuahan adalah proses meleburnya sel telur (ovum) dengan sperma yang kemudian menjadi zigot. Sel telur dibuat oleh indung telur pada wanita dan sperma dibuat oleh testis pada laki-laki. Zigot yang terjadi, ialah calon makhluk hidup yang berbentuk satu sel akan menempel (implantasi) pada dinding kandungan (uterus).



**Gambar 2.1** Ovulasi, pembuahan dan perkembangan awal dari embrio
**Sumber:** HDI Tubuh Manusia

Di sini zigot mengalami pembelahan sel terus-menerus sehingga terbentuklah embrio. Pada usia lebih kurang empat minggu (± 1 bulan), embrio mempunyai panjang ± tujuh milimeter. Di sini organ jantung mulai terbentuk, tapi belum sempurna sedang organ yang lain belum terbentuk. Pada umur ± 5 minggu panjang embrio ± 12 milimeter. Embrio terus mengalami pembelahan sel-sel sehingga embrio yang mencapai usia 2 bulan sudah berukuran 4 sentimeter.

Di sini jantung sudah sempurna dan sudah mulai berfungsi. Tangan, kaki, mulai terbentuk berikut kerangkanya, walaupun masih berupa tulang rawan. Akhirnya kandungan berusia 3 bulan, embrio telah lengkap organ-organnya yang kemudian disebut *fetus*, yang mempunyai panjang ± 8 sentimeter dan berat ± 45 gram. Janin terus tumbuh, sehingga bertambah panjang, berat, dan besar. Setelah berusia 5 bulan, panjang janin ± 20 sentimeter dan berat ± 450 gram. Janin pada saat itu sudah mulai menunjukkan aktivitas gerakan. Janin terus mengalami pertumbuhan dan perkembangan, dan setelah berusia ± 9 bulan 10 hari atau berusia ± 266 hari atau ± 38 minggu, janin sudah siap untuk lahir.

*Mengapa janin di dalam kandungan terus tumbuh?*

Janin yang berada di dalam kandungan selalu mendapat makanan dan oksigen dari ibu lewat pembuluh darah yang ada pada plasenta (ari-ari). Janin di dalam kandungan juga dibungkus oleh selaput yang di dalamnya berisi cairan yang licin yang disebut ketuban (amnion). Fungsinya untuk melindungi janin dari benturan dan goncangan. Cairan yang sering disebut ketuban ini juga membantu untuk memudahkan proses kelahiran nanti. Lihat gambar di bawah ini!

1. DUA BULAN
Bayi lebih kecil daripada kacang kenari, dan kaki-kaki serta jari-jari kecil tumbuh. Kehamilan sudah terjadi
2. TIGA BULAN
Lebih kurang panjangnya 70 mm, bayi dapat menggerakkan kepala dan anggota gerak. Sang ibu belum dapat merasakannya.
3. LIMA BULAN
Bayi panjangnya 25 cm, dan memberikan reaksi terhadap suara keras dengan cara menendang dan menggeliat. Perut ibu menggelembung.
4. TUJUH BULAN
Bayi sekarang panjangnya lebih kurang 40 cm dan berimpit di dalam rahim. Bayi cenderung meletak-kan kepalanya di bawah, suatu posisi umum untuk kelahiran.
5. SEMBILAN BULAN
Pada model anatomi dari abad ke-18 ini, bayi sudah berkembang secara utuh dan lengkap dan siap untuk dilahirkan. Beratnya lebih kurang 3 – 4 kg dan panjangnya 50 cm.

**Gambar 2.2** Pertumbuhan dan perkembangan janin dalam rahim ibu
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8

## 2. Masa Setelah Lahir

Bayi di dalam kandungan belum bernapas, tapi masih tetap hidup mengapa begitu? Di dalam kandungan bayi sudah diberi oksigen oleh ibunya lewat pembuluh darah yang terdapat pada plasenta. Tetapi bayi setelah lahir harus bernapas untuk mengambil oskigen sendiri, sebab hubungan dengan darah ibu sudah terputus. Maka bayi yang lahir yang tidak segera bernapas akan meninggal. Untuk itu saat bayi lahir, dokter atau bidan yang membantunya kadang-kadang merangsang pernapasan bayi dengan memegang kaki bayi lalu dibalik (kepala

posisi di bawah) atau dengan memukul halus pada tubuh bayi, agar bayi mulai bernapas pertama kali dan biasanya waktu itu bayi menangis. Setelah lahir, bayi akan mengalami pertumbuhan dan perkembangan yaitu: menjadi masa kanak-kanak, masa remaja, masa dewasa, dan masa tua (manula).

Pertumbuhan pada manusia tidak berjalan terus-menerus, karena pertumbuhan diatur oleh hormon pertumbuhan yang disebut *para Thormun*. Untuk itu biasanya pada anak laki-laki pertumbuhan berhenti pada umur ± 22 sampai 25 tahun, pada perempuan berhenti pada umur ± 18 - 20 tahun. Pertumbuhan cepat pada waktu berumur 12 - 18 tahun. Pertumbuhan pada manusia sangat dipengaruhi oleh gizi dan keturunan.

Perlihatkan gambar pertumbuhan dan perkembangan bayi di bawah ini.

**Gambar 2.3** Pertumbuhan dan perkembangan bayi
**Sumber:** www.multiplesoutlet.com

## a. *Masa Kanak-Kanak (Anak-anak)*

Masa ini dimulai dari bayi setelah lahir sampai pada masa remaja. Pertumbuhan dan perkembangan bayi sangat tergantung dari pemeliharaan ibu yang setiap saat harus menyusui bayinya dengan ASI sampai ± 1 tahun. Sangat disayangkan bila ibu tidak menyusui sendiri dengan ASI, bahkan ada yang disengaja tidak mau menyusui anaknya, tapi diganti dengan susu formula, ini bisa dilakukan bila terpaksa ibu tidak mengeluarkan air susu.

ASI yang diberikan ibu lebih bermanfaat dari susu formula. Mengapa? Sebab ASI mengandung antibodi dari ibu, sehingga sang bayi akan mendapatkan kekebalan langsung dari ibu. ASI juga akan menyebabkan jalinan kasih sayang secara tidak langsung dari ibu terhadap bayinya.

Setelah berumur ± 6 bulan mulailah gigi pertama tumbuh yang disebut gigi susu, yang nantinya setelah anak berumur ± 6 tahun mulai tanggal satu persatu, dan diganti dengan gigi tetap. Anak setelah berumur ± 10 tahun sudah mulai mengerti tugas yang diberikan.

*(a)*

*(b)*

**Gambar 2.4** (a) Masa anak-anak (b) Masa anak-anak diisi dengan permainan
**Sumber:** www.visiontrusi.org.

## b. Masa Remaja (Adolesens)

Masa ini merupakan masa yang sangat labil, mudah terpengaruh, dan serba ingin tahu, untuk itu membutuhkan pengawasan dari orang tua, sebab organ-organ tubuhnya mulai berfungsi, seperti organ kelaminnya mulai memproduksi sel-sel kelamin. Pada perempuan kelenjar susu mulai membesar, pinggul mulai membesar, dan tumbuhnya rambut di sekitar alat kelamin. Begitu juga pada anak laki-laki, suara lebih besar, lebih tegap, dan tumbuhnya rambut di sekitar alat kelaminnya. Inilah yang disebut sifat kelamin sekunder.

**Gambar 2.5** Remaja akan mengalami pubertas, yang ditandai dengan ciri-ciri seks sekunder
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8

## c. Masa Dewasa

Pada masa ini secara biologis, alat reproduksi telah siap menghasilkan sel-sel kelamin dan matang.

Biasanya pada masa dewasa pertumbuhannya mulai berhenti, diganti dengan pertumbuhan membesar, jadi tidak bertambah tinggi lagi. Masa-masa dewasa sudah mulai punya rasa tanggung jawab, sudah memikirkan masa depan, seperti berkeluarga.

**Gambar 2.6** Pada masa dewasa pertumbuhan telah terhenti
**Sumber:** www.bigby.com

## d. Masa Manula

Pada masa ini baik fisik maupun cara berpikir sudah berkurang. Ditandai dengan memutihnya rambut, pelupa, pendengaran mulai berkurang, mata mulai kabur, gigi mulai tanggal, kulit mulai keriput, aktivitas seks mulai menurun. Pada perempuan ditandai berhentinya produksi ovum pada ovarium (indung telurnya) yang disebut dengan istilah mengalami menopause, berbeda dengan laki-laki walaupun sudah melemah testis masih bisa memproduksi sel kelamin.

Ciri-ciri tersebut di atas tidak mutlak, sebab semuanya tergantung dari cara merawat tubuhnya, gizi, dan aktivitasnya. Sehingga batas umur dewasa dapat lebih singkat atau lebih panjang, seperti pada wanita menopause bisa berumur 45, 50 bahkan umur 55 tahun. Sering kita dengar orang yang sudah tua mempunyai anak lagi.

**Gambar 2.7** Secara alami manusia mengalami proses penuaan
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8

## B. Ciri-Ciri Pubertas

Masa-masa remaja adalah kelanjutan dari masa anak-anak, pada masa ini terjadilah perubahan fisik, tingkah laku yang sangat menonjol, pada masa ini anak mulai belajar mengembangkan kemampuan, yang kadang-kadang dilakukan di luar kesadarannya, rasa ingin tahu yang sangat besar, sehingga segala tindakannya kadang-kadang di luar batas tanpa berpikir akibatnya. Semua ini karena pengaruh-pengaruh seperti aktivitas hormon pituitari. Perubahan fisik yang menyolok seperti pada perempuan payudara mulai membesar, pinggul mulai membesar, suara mulai halus, mengalami menstruasi, tumbuhnya rambut di sekitar alat kelamin. Begitu juga pada laki-laki suara lebih besar, mengalami keluarnya sperma, tumbuhnya rambut di sekitar alat kelamin, pada masa ini anak mulai disebut masa pubertas. Masa pubertas pada laki-laki datangnya lebih terlambat dibanding perempuan.

### Kecakapan Kontekstual

Coba kumpulkan ciri-ciri penduduk yang ada di RTmu masing-masing. Catatlah berapa bayi yang ada, berapa masa anak-anak, berapa masa remajanya, berapa masa dewasanya, dan berapa masa tua/manulanya, kemudian kumpulkan dalam bentuk laporan.

### Rangkuman

1. Tahap-tahap pertumbuhan dan perkembangan manusia dibedakan menjadi dua, yaitu masa pembuahan sampai lahir dan masa setelah lahir.
2. Proses pembuahan sampai janin akan lahir terjadi di dalam rahim (kandungan) ibu. Tahap pertumbuhan manusia di dalam rahim, yaitu pembuahan - zigot - embrio - janin.
3. Masa setelah lahir, manusia akan mengalami tahap-tahap perkembangan mulai dari masa anak-anak, remaja, dewasa, dan manula.
4. Masa anak-anak dimulai dari bayi lahir sampai menjelang remaja. Pada masa anak-anak terjadi perkembangan belajar dan hidup di tengah orang lain.

5. Masa remaja merupakan pertumbuhan dan perkembangan manusia yang mengalami pubertas. Masa pubertas akan ditandai dengan adanya tanda-tanda seks sekunder pada laki-laki dan perempuan. Remaja perempuan akan mengalami menstruasi.
6. Masa dewasa ditandai dengan kemampuan laki-laki dan perempuan menghasilkan sel-sel kelamin.
7. Masa manula ditandai dengan melemahnya atau berkurangnya kemampuan organ-organ tubuh. Pada perempuan, ditandai dengan menopause.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Secara berturut-turut, pertumbuhan dan perkembangan manusia setelah lahir adalah ...
   a. anak-anak, adolesens, remaja, dewasa
   b. bayi, anak-anak, remaja, dewasa
   c. bayi, anak-anak, adolesens, dewasa
   d. anak-anak, remaja, adolesens, dewasa
2. Puncak kematangan seksual pada masa ....
   a. anak-anak
   b. remaja
   c. dewasa
   d. pancaroba
3. Di bawah ini merupakan sifat kelamin sekunder pada wanita, **kecuali** ....
   a. pinggul membesar
   b. kelenjar susu membesar
   c. ovarium menghasilkan ovum
   d. tumbuh rambut di sekitar alat kelamin
4. Hormon yang berpengaruh pada masa pancaroba dan masa remaja, dihasilkan oleh kelenjar ....
   a. pituitari, adrenal, dan kelenjar kelamin
   b. adrenal, kelamin, dan kelenjar pankreas
   c. hati, adrenal, dan kelenjar kelamin
   d. pituitari, pankreas, dan kelenjar hati
5. Bila wanita pertama kali mengalami menstruasi, wanita tersebut memasuki masa ....
   a. dewasa
   b. adolesens
   c. puber
   d. pancaroba
6. Pada saat menstruasi terjadi ....
   a. pertumbuhan zigot
   b. pembuahan sel telur
   c. pematangan sel telur
   d. kerusakan lapisan dalam dinding kandungan
7. Menstruasi pada wanita akan terjadi sebulan sekali pada ....
   a. masa puber hingga menopause
   b. masa remaja hingga dewasa
   c. masa remaja hingga menopause
   d. masa puber hingga masa dewasa
8. Pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup yang merupakan proses pertemuan ovum dengan sperma disebut ....
   a. pembuahan
   b. zigot
   c. implantasi
   d. janin

9. ASI lebih baik dari susu formula, karena ....
   a. susu formula tidak mengandung gizi
   b. ASI mengandung antibodi
   c. ASI lebih enak
   d. susu formula mudah dicerna

10. Proses penempelan zigot pada dinding kandungan disebut ....
   a. janin
   b. implantasi
   c. embrio
   d. fokus

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Apa yang disebut masa pubertas?
2. Sebutkan contoh-contoh sifat kelamin sekunder pada wanita!
3. Apa yang disebut masa menopause?
4. Sebutkan urutan perkembangan zigote, sampai terjadinya janin!
5. Sebutkan ciri-ciri masa dewasa!

## Tugas Proyek

Buatlah kliping mengenai gambar-gambar dari majalah atau koran dengan tema pertumbuhan manusia semasa bayi, remaja, dewasa dan manula/tua.

Minimum masing-masing 10 gambar!

Kumpulkan setelah 1 minggu!

Bab III

# Sistem Gerak pada Manusia dan Hubungannya dengan Kesehatan

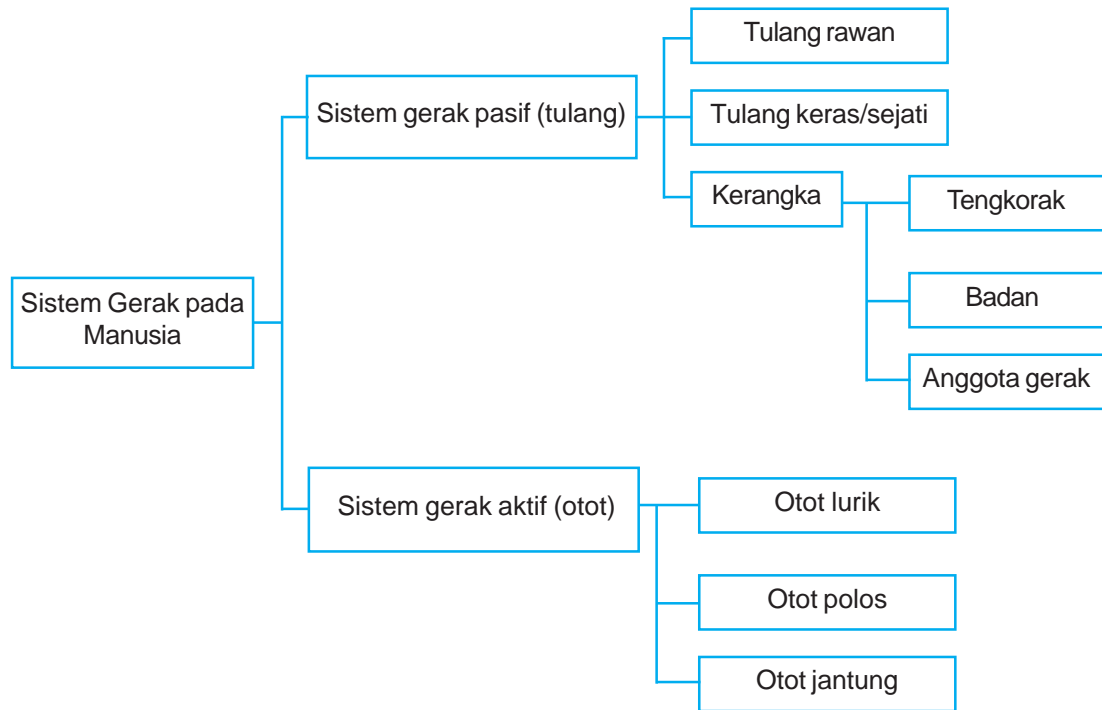
## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:
1. menjelaskan sistem gerak pasif pada manusia.
2. menyebutkan dan menjelaskan sistem gerak aktif pada manusia.

**Sumber:** www.seminaripem.files.wordpress.com

Tahukah kamu mengapa tubuh kita mampu melakukan berbagai gerakan, dan alat-alat apa saja yang memungkinkan terjadinya gerak tubuh? Pada bab ini kita akan mempelajari tentang sistem gerak pada manusia serta hubungannya dengan kesehatan. Pelajari baik-baik bab ini agar kamu lebih memahaminya.

## Peta Konsep

- Sistem Gerak pada Manusia
  - Sistem gerak pasif (tulang)
    - Tulang rawan
    - Tulang keras/sejati
    - Kerangka
      - Tengkorak
      - Badan
      - Anggota gerak
  - Sistem gerak aktif (otot)
    - Otot lurik
    - Otot polos
    - Otot jantung

## Kata Kunci

- kartilago (tulang rawan)
- osteon (tulang sejati)
- skeleton (kerangka)
- persendian
- otot

Makhluk hidup salah satu cirinya adalah bergerak. Pada manusia mempunyai sistem gerak yang dapat dibagi menjadi dua yaitu alat gerak pasif dan alat gerak aktif. Alat gerak pasif berupa tulang dan alat gerak aktif berupa otot. Tulang sebagai alat gerak pasif dibagi dua yaitu tulang rawan (kartilago) dan tulang sejati (osteon).

## A. Tulang

Berdasarkan susunannya, tulang dibedakan menjadi:

### 1. Tulang rawan (kartilago)

Tulang rawan terbentuk dari kumpulan sel-sel tulang rawan (kondrosit). Kondrosit mengeluarkan bahan (matrik) berupa kondrin yang sifatnya lentur. Tulang rawan pada anak-anak mengandung banyak zat perekat (kolagen) dan sedikit zat kapur sehingga tulang rawan bersifat lentur dan elastis.

**Gambar 3.1** Tulang rawan
**Sumber:** Tubuh manusia

Tulang rawan pada orang dewasa hanya terdapat pada tempat-tempat tertentu seperti pada hidung, daun telinga, di antara tulang rusuk, dan tulang dada, pada persendian dan antarruas tulang belakang, yang tidak mengalami pengerasan. Ada tulang rawan yang semakin lama semakin keras, karena ruang-ruang antarsel terisi oleh zat kapur, seperti tulang ubun-ubun. Pada saat masih bayi, tulang ubun-ubun masih berbetuk rawan dan makin lama makin keras, proses penulangan ini disebut *osifikasi*. Pada masa pertumbuhan, tulang masih dapat bertambah panjang. Hal ini disebabkan adanya cakram epifise yang terletak pada ujung tulang. Bagian tersebut terdiri dari tulang rawan yang sel-selnya aktif mengalami pembelahan.

### 2. Tulang keras (tulang sejati/osteon)

Tulang keras terdiri dari jaringan tulang yang tersusun atas sel-sel tulang yang disebut osteosit. Tulang keras banyak mengandung zat kapur, protein dan kolagen (zat perekat). Zat kapur tersebut dalam bentuk kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan kalsium fosfat $Ca_3(PO_4)_2$. Hal inilah yang menyebabkan tulang bersifat keras. Perbedaan tulang keras pada anak dan orang dewasa adalah tulang keras pada orang dewasa kadar zat kapurnya lebih banyak sedangkan pada anak-anak mempunyai zat perekat (kolagen) lebih banyak. Oleh karena itu, tulang orang dewasa lebih keras, tetapi jika tulang tersebut patah membutuhkan waktu yang agak lama untuk sembuh, sedangkan pada anak-anak jika mengalami patah tulang lebih cepat sembuh dibanding pada orang dewasa.

*ujung ini masuk ke tulang pinggul*
*sumsum*
*tulang spons*
*tulang padat*
*batang tulang*
*ujung ini menjadi bagian sendi lutut*

**Gambar 3.2** Tulang keras padat
**Sumber**: Oxford 8

Bagian luar dari tulang keras tertutup oleh selapis jaringan yang bernama *periostium*. Periostium merupakan tempat melekatnya otot. Jika kita mengamati potongan melintang dari tulang keras akan tampak bentuk lingkaran-lingkaran yang berlapis-lapis mengelilingi suatu saluran, sehingga secara keseluruhan disebut sistem *Havers*.

Di dalam saluran havers terdapat pembuluh-pembuluh darah yang memberi makan pada sel-sel tulang keras.

Agar sel-sel tulang keras tetap sehat, dalam pertumbuhan sel-selnya sangat membutuhkan vitamin D. Di dalam tubuh, vitamin D masih berbentuk provitamin D. Agar menjadi vitamin D dibutuhkan sinar ultraviolet dari sinar matahari. Berdasarkan susunan tulangnya, tulang keras dibagi menjadi dua yaitu:

### a. Tulang spons

Tulang spons adalah tulang keras yang dalamnya berongga. Contoh: tulang pendek, dan lain-lain.

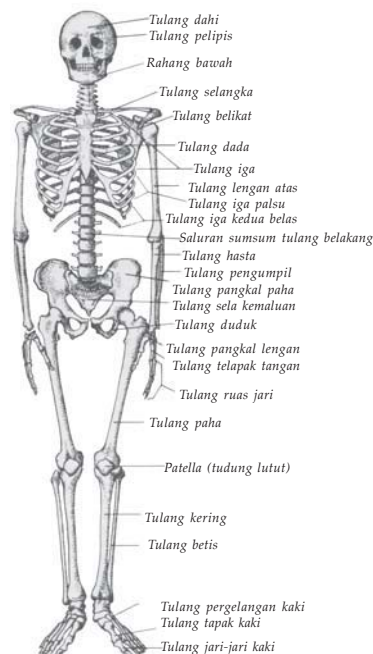
### b. Tulang kompak

Tulang kompak tersusun atas bahan yang rapat dan padat. Contoh: lapisan tulang pipa bagian luar.

## B. Kerangka Tubuh Manusia

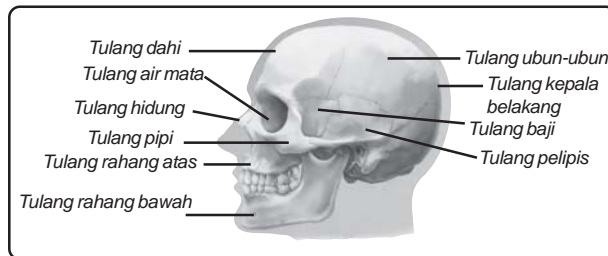
Kerangka manusia tersusun atas 206 tulang-tulang yang saling berhubungan. Hubungan tulang-tulang tersebut membentuk persendian (artikulasi).

Kerangka pada manusia mempunyai beberapa fungsi yang sangat penting, antara lain sebagai berikut.

1. untuk menegakkan berdirinya badan;
2. sebagai pelindung bagian yang penting seperti otak, mata, jantung, usus, dan lain-lain;
3. memberi bentuk badan;
4. sebagai tempat melekatnya otot;
5. sebagai alat gerak pasif;
6. sebagai tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih, khususnya di dalam sumsum tulang.



**Gambar 3.3** Kerangka manusia
**Sumber:** Tubuh manusia

Secara garis besar kerangka manusia dibedakan menjadi tiga, yaitu:

## 1. Tulang-tulang penyusun tengkorak

Gambar 3.4 Tulang tengkorak
Sumber: Kamus Visual

Tulang-tulang penyusun tengkorak berbentuk pipih dan saling berhubungan erat membentuk suatu rongga yang merupakan tempat otak. Hubungan tulang-tulang tersebut tidak dapat bergerak. Selain membentuk suatu rongga untuk melindungi otak, ada pula tulang-tulang yang membentuk wajah.

### a. *Tulang-tulang tengkorak wajah*

Tulang-tulang tengkorak wajah terdiri atas:

#### 1) *Tulang hidung*

Tulang hidung terdiri atas dua buah, yang menutup hidung bagian atas.

#### 2) *Tulang pipi*

Tulang pipi terdiri atas dua buah, yang memiliki tonjolan ke belakang dan membentuk lengkungan pipi.

#### 3) *Tulang rahang atas*

Tulang rahang atas terdiri atas dua buah sebagai tempat melekatnya gigi-gigi bagian atas.

#### 4) *Tulang rahang bawah*

Tulang rahang bawah terdiri atas dua buah, sebagai tempat melekatnya gigi-gigi bagian bawah. Tulang ini memiliki bentuk seperti huruf U dan mempunyai tonjolan yang menuju ke arah pipi. Pada tulang ini juga melekat otot pengunyah dan taju sendi dari tulang pelipis.

#### 5) *Tulang air mata*

Tulang air mata terdiri atas dua buah, yang terletak di sisi dalam rongga mata, yang berhubungan dengan rongga hidung.

#### 6) *Tulang langit-langit*

Tulang langit-langit terdiri atas dua buah, yaitu tulang bagian atas dari rongga mulut.

#### 7) *Tulang pisau luku*

Tulang pisau luku ada satu buah terdapat dalam rongga hidung dan membentuk sekat rongga hidung.

#### 8) *Tulang lidah*

Tulang lidah terdiri dari satu buah, merupakan tempat melekatnya pangkal lidah.

### b. Tulang-tulang tengkorak otak

Tulang-tulang tengkorak otak terdiri atas:

#### 1) Tulang dahi

Tulang dahi berjumlah satu buah, yang membentuk atap tengkorak dan bagian depan.

#### 2) Tulang belakang kepala

Tulang ini jumlahnya satu buah, yang membentuk atap tengkorak dan bagian depan.

#### 3) Tulang pelipis

Tulang pelipis jumlahnya ada dua buah, yang terletak di atas telinga bagian belakang, di bagian bawahnya terdapat tonjolan yang disebut taju puting (tumpul) dan taju duri (runcing).

#### 4) Tulang ubun-ubun

Tulang ubun-ubun jumlahnya dua buah. Tulang ini membentuk bagian atap tengkorak.

#### 5) Tulang baji

Tulang baji jumlahnya dua buah, yang letaknya di depan tulang pelipis.

#### 6) Tulang tapis

Tulang tapis jumlahnya ada dua buah, yang bersama-sama tulang pisau luku membentuk sekat rongga hidung.

**Info Sains**

Sumsum Tulang

Sumsum yaitu suatu zat seperti agar-agar yang menempati lubang di tengah tulang. Tugas utamanya adalah membuat sel-sel darah yang baru, karena sel-sel yang lama cepat mati dan harus diganti. Tiap detik, lebih dari dua juta butir darah merah (eritrosit) meninggalkan sumsum memasuki aliran darah yang melalui struktur tulang. Sumsum dan tulang juga berfungsi sebagai cadangan mineral. Jika suatu zat gizi kurang pasokannya dari makanan, zat-zat itu akan diambil dari tulang dan dikirim ke tempat-tempat yang lebih penting.

*Sumber : Jendela Iptek, Tubuh Manusia*

## 2. Tulang-tulang penyusun rangka badan

Tulang-tulang yang menyusun rangka badan terdiri atas tulang dada, tulang rusuk, tulang belakang, tulang gelang bahu, dan tulang gelang panggul. Organ paru-paru dan jantung terletak di dalam rongga dada yang dilindungi oleh tulang dada, tulang rusuk, dan tulang belakang.

### a. Tulang belakang

Tulang belakang terdiri atas ruas-ruas tulang belakang yang dari atas sampai ke bawah terbagi menjadi:

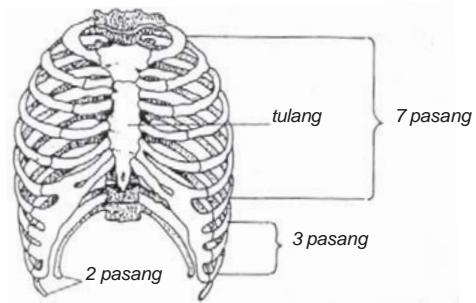
1) 7 ruas tulang leher
2) 12 ruas tulang punggung
3) 5 ruas tulang pinggang
4) 5 ruas tulang kemudi/kelangkang
5) 4 ruas tulang ekor/tulang tungging



**Gambar 3.5 (a)** Tulang Belakang
**Sumber:** Kamus Visual

Ruas tulang leher yang paling atas disebut tulang atlas, sedangkan yang kedua disebut tulang pemutar. Dua ruas tulang punggung merupakan tempat melekatnya tulang-tulang rusuk. Lima ruas tulang-tulang kelangkang dan empat ruas tulang ekor pada orang dewasa telah menjadi satu.

## b. Tulang dada

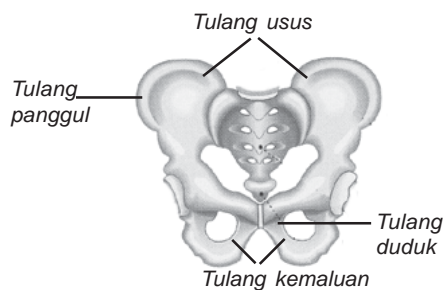
Tulang ini berbentuk pipih dengan panjang lebih kurang 15 cm, letaknya di tengah-tengah dada. Tulang dada mempunyai tiga bagian, yaitu hulu, badan, dan taju pedang. Bagian hulu berhubungan dengan tulang selangka dan bagian badan berhubungan dengan tulang rusuk sedangkan taju pedang kelihatan sebagai tonjolan pada dada bagian bawah yang terdiri dari tulang rawan.



**Gambar 3.5 (b)** Tulang rusuk dan tulang dada
**Sumber:** Kamus Visual

## c. Tulang rusuk

Tulang rusuk terdiri atas 12 pasang yang dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu:

1) 7 pasang tulang rusuk sejati, di mana bagian belakang melekat pada tulang punggung dan di depan melekat pada tulang dada.
2) 3 pasang tulang rusuk palsu, bagian belakang melekat pada tulang punggung, sedangkan bagian depan melekat pada tulang rusuk yang ada di atasnya.
3) 2 pasang tulang rusuk melayang, pada bagian belakang melekat pada tulang belakang bagian depan tidak melekat pada tulang dada atau tulang yang lain.

## d. Tulang gelang panggul



**Gambar 3.5 (c)** Tulang gelang panggul
**Sumber:** Kamus Visual

Tulang gelang panggul terdiri atas:

1) dua buah tulang usus (ilium)
2) dua buah tulang duduk
3) dua buah tulang kemaluan

Tulang-tulang tersebut saling berhubungan erat membentuk lingkaran yang berlubang. Tulang-tulang tersebut juga membentuk persendian dengan tulang paha yang disebut sendi panggul.

## e. Tulang gelang bahu

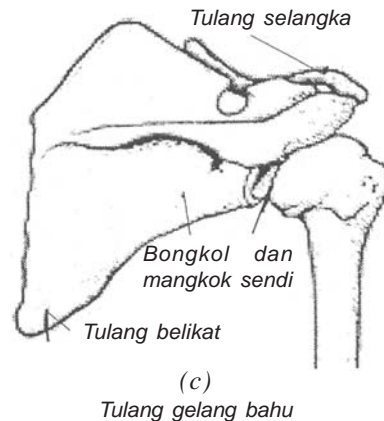
Tulang-tulang yang menyusun gelang bahu antara lain:

### 1) Tulang selangka

Tulang selangka jumlahnya dua buah, berbentuk seperti huruf S yang menghubungkan bahu dengan tulang dada, bagian hulu.

### 2) Tulang belikat

Tulang belikat jumlahnya satu pasang, bentuknya pipih, dan mempunyai tonjolan berbentuk paruh gagak dan disebut tulang paruh gagak. Tulang belikat berbentuk segitiga.

Tulang selangka
Bongkol dan mangkok sendi
Tulang belikat
(c)
Tulang gelang bahu

**Gambar 3.5 (d)** Tulang gelang bahu
**Sumber:** Kamus Visual

# 3. Tulang-tulang penyusun anggota gerak

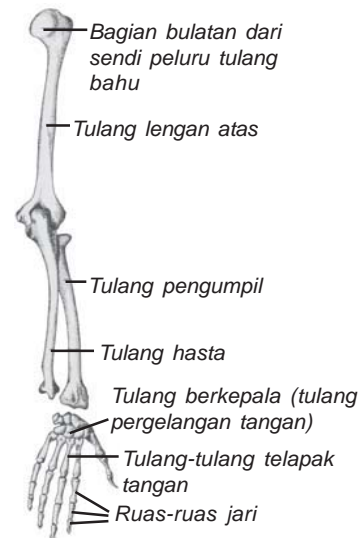
Tulang anggota gerak mempunyai kemungkinan gerak yang lebih bebas dibandingkan dengan tulang-tulang yang lain. Hal ini sesuai dengan fungsinya untuk melakukan gerakan.

Anggota gerak pada manusia dibedakan menjadi dua, yaitu:

## a. Tulang gerak atas (tangan)

Anggota gerak atas terdiri dari beberapa tulang yang terangkai menyusun tangan. Tulang-tulang yang menyusun tangan antara lain:

1) Tulang lengan atas (dua buah, kanan, dan kiri).
2) Tulang hasta (dua buah, kanan, dan kiri), yaitu tulang yang searah dengan jari kelingking.
3) Tulang pengumpil (dua buah, kanan, dan kiri) yang searah dengan ibu jari.
4) Tulang pergelangan tangan (dua buah, kanan, dan kiri) yang masing-masing terdiri dari delapan buah tulang.
5) Tulang telapak tangan (dua buah, kanan, dan kiri) yang masing-masing terdiri atas lima buah tulang.
6) Tulang jari tangan (kanan dan kiri) yang masing-masing terdiri atas empat belas ruas tulang dan masing-masing jari terdiri atas tiga ruas, kecuali pada ibu jari yang hanya dua ruas.

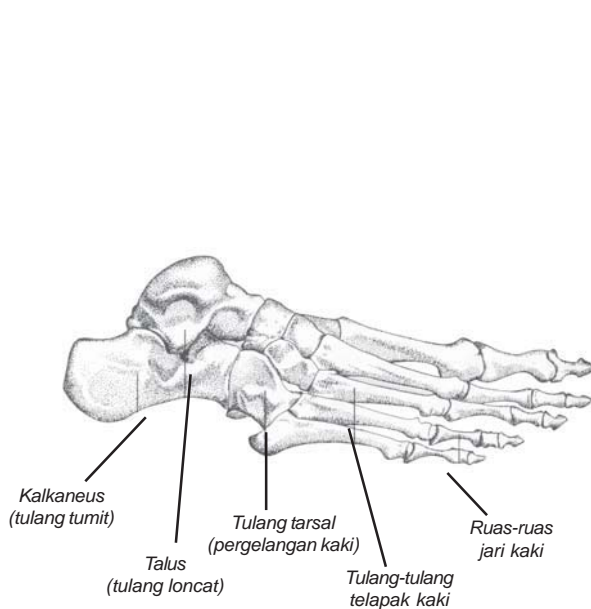
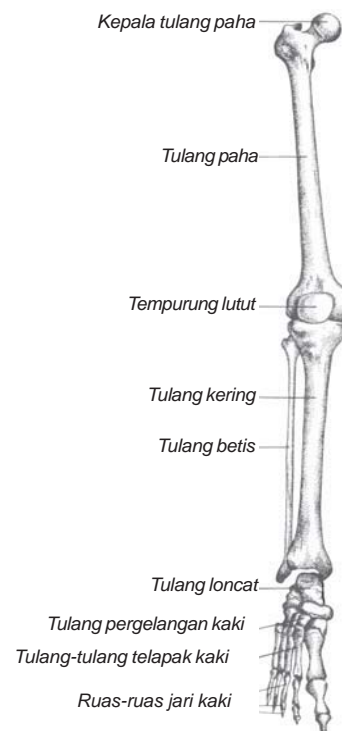
Bagian bulatan dari sendi peluru tulang bahu
Tulang lengan atas
Tulang pengumpil
Tulang hasta
Tulang berkepala (tulang pergelangan tangan)
Tulang-tulang telapak tangan
Ruas-ruas jari

**Gambar 3.6** Tulang-tulang anggota gerak atas tangan
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 8

## b. Tulang gerak bawah (kaki/tungkai)

Anggota gerak bawah berupa kaki yang susunannya hampir sama dengan anggota gerak atas (tangan). Pada kaki tersusun rangkaian tulang-tulang sebagai berikut.

1) Tulang paha (dua buah, kanan dan kiri)
2) Tulang kering (dua buah, kanan dan kiri) yang ada di sebelah depan pada tungkai bawah.
3) Tulang betis (dua buah, kiri dan kanan) yang ada di sebelah belakang pada tungkai bawah.
4) Tulang tempurung lutut (dua buah, kiri dan kanan)
5) Tulang telapak kaki (dua buah, kiri dan kanan), masing-masing terdiri atas lima buah tulang.
6) Tulang jari kaki (kiri dan kanan), masing-masing terdiri atas empat belas tulang. Masing-masing jari ada tiga ruas kecuali ibu jari yang mempunyai dua ruas.

Kalkaneus (tulang tumit)
Talus (tulang loncat)
Tulang tarsal (pergelangan kaki)
Tulang-tulang telapak kaki
Ruas-ruas jari kaki

Kepala tulang paha
Tulang paha
Tempurung lutut
Tulang kering
Tulang betis
Tulang loncat
Tulang pergelangan kaki
Tulang-tulang telapak kaki
Ruas-ruas jari kaki

**Gambar 3.7** Tulang-tulang kaki
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 8

## C. Hubungan Antartulang

Tulang-tulang yang menyusun kerangka, berhubungan antara yang satu dengan yang lain sehingga membentuk persendian. Berdasarkan sifat gerakan dari persendian, maka sendi dapat dibedakan menjadi sendi mati, sendi kaku, dan sendi gerak.

### 1. Sendi Mati (*sinartrosis*)

Sendi mati adalah hubungan antara tulang-tulang yang tidak dapat digerakkan. Contoh: hubungan antara tulang-tulang tengkorak.

### 2. Sendi Kaku (*amfiartrosis*)

Sendi kaku adalah hubungan antara tulang-tulang yang memungkinkan sedikit gerakan (gerakan sangat terbatas). Contoh: hubungan antara tulang dada dan tulang rusuk, hubungan antara tulang-tulang pergelangan tangan dan kaki, hubungan antara ruas tulang belakang.

### 3. Sendi Gerak (*diartrosis*)

Sendi gerak adalah hubungan antartulang yang memungkinkan terjadinya gerakan tulang secara bebas. Contoh: hubungan antara tulang gelang bahu dengan tulang lengan atas, hubungan antara tulang jari-jari tangan dan kaki, hubungan antara tulang paha dengan tulang kering, dan lain-lain.

Berdasarkan arah gerakannya sendi gerak dapat dibedakan menjadi:

#### *a. Sendi Peluru*

Sendi peluru adalah hubungan antara dua tulang di mana bonggol tulang yang satu sendi berbentuk seperti bola (peluru), sedangkan bonggol tulang yang lain berbentuk seperti cawan sehingga menimbulkan gerakan tulang ke segala arah. Contoh: hubungan tulang antara tulang lengan atas dengan tulang lengan bahu, hubungan antara tulang paha dengan tulang gelang panggul.

#### *b. Sendi Putar*

Sendi putar adalah hubungan antara tulang-tulang di mana yang satu dapat berputar mengitari tulang yang lain. Seperti pada hubungan tulang atlas dan tulang pemutar pada leher, sehingga kepala kita dapat berputar ke kiri dan ke kanan. Contoh: hubungan antara tulang hasta dengan pengumpil, sehingga dapat menggerakkan telapak tangan menelungkup atau menengadah.

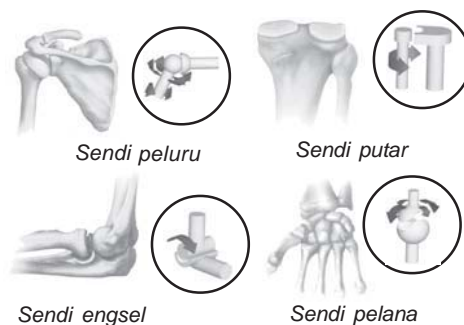
## c. Sendi Engsel

Sendi engsel mempunyai gerakan tulang ke dua arah yang menyerupai engsel pintu. Contoh: hubungan antara tulang lengan atas dengan lengan bawah yang disebut persendian siku, hubungan antara tulang paha dengan tungkai bawah yang disebut persendian lutut hubungan tulang-tulang pada jari tangan dan jari kaki.

## d. Sendi Pelana

Sendi pelana adalah hubungan antara tulang yang satu dengan yang lain sehingga memungkinkan terjadinya gerakan tulang ke dua arah. Contoh: hubungan antara tulang telapak tangan dengan ibu jari.

## e. Sendi Luncur

Sendi luncur adalah hubungan antara tulang yang satu dengan tulang yang lain, di mana ujung kedua tulang memiliki permukaan datar sehingga memungkinkan terjadinya gerakan ke depan atau ke belakang, atau ke kiri dan ke kanan. Contoh: tulang-tulang yang menyusun telapak tangan dan telapak kaki, hubungan antartulang-tulang belakang.

**Gambar 3.8** Macam-macam sendi
**Sumber:** Kamus Visual

# D. Gangguan dan Kelainan Tulang pada Manusia

Tulang-tulang pada manusia sering mengalami gangguan baik gangguan tulang sejak lahir, karena makanan yang kita konsumsi setiap hari, posisi tubuh yang salah, terkena penyakit, kecelakaan, dan lain-lain. Di bawah ini adalah faktor-faktor yang menyebabkan gangguan tulang atau penyakit pada tulang.

## 1. Kebiasaan posisi tubuh yang salah

Posisi duduk yang salah dapat menyebabkan gangguan pada tulang. Jika posisi duduk dengan punggung membungkuk maka tulang belakang akan melengkung ke kiri, ke kanan, ke depan, atau ke belakang.

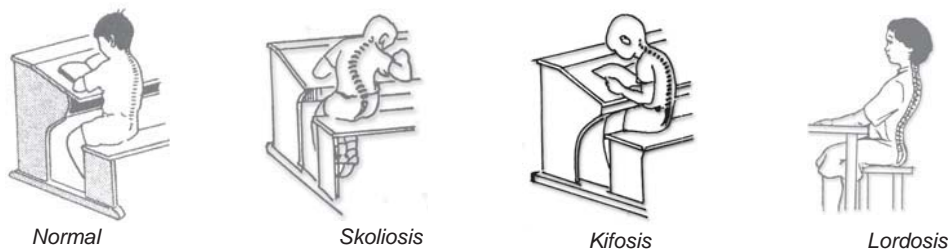
Melengkungnya tulang belakang tersebut dipengaruhi oleh posisi dan kebiasaan duduk. Kelainan tulang punggung dapat dibedakan menjadi tiga:

a. *Skoliosis*, yaitu tulang punggung yang terlalu melengkung ke kiri atau ke kanan.

b. *Kifosis*, yaitu tulang punggung terlalu melengkung ke belakang.

c. *Lordosis*, yaitu tulang punggung yang terlalu melengkung ke depan.

Oleh karena itu kita harus membiasakan duduk dengan sikap yang benar yaitu duduk dengan sikap tegak dan tidak membengkok ke kanan atau ke kiri.

*Normal* *Skoliosis* *Kifosis* *Lordosis*

**Gambar 3.9** Kelainan pada tulang punggung
**Sumber:** Penerbit

## 2. Gangguan tulang karena penyakit

Beberapa penyakit tulang dapat disebabkan oleh mikroorganisme, baik virus maupun bakteri, di antaranya sebagai berikut.

### a. Polio

Penyakit ini disebabkan oleh virus polio yang menyerang tulang, sehingga menjadi lumpuh (tidak bertenaga) atau pertumbuhannya mengecil dan tidak sempurna.

### b. Layuh semu

Layuh semu terjadi akibat infeksi penyakit sifilis pada anak semasa dalam kandungan akibat tertular oleh ibu yang mengidap penyakit sifilis, akibatnya tulang-tulang anggota gerak pada bayi atau anak menjadi layuh atau tidak bertenaga.

### c. Kaku sendi

Kaku sendi merupakan cacat pada persendian di mana sendi tidak dapat digerakkan. Penyakit ini disebabkan karena persendian terinfeksi penyakit sifillis atau *gonorhoe* sehingga minyak sendi menjadi kering dan tidak dapat digerakkan, misalnya pada lutut yang tidak dapat dibengkokkan. Kaku sendi biasanya ini terjadi pada orang dewasa.

### *d. Kanker tulang*

Virus juga dapat merusak pertumbuhan sel-sel tulang yang tidak terkendali, sehingga di beberapa tempat pada tulang dapat tumbuh benjolan-benjolan yang dapat berpindah-pindah dan timbul rasa sakit. Penyakit ini dapat menyebabkan kematian.

### *e. TBC tulang*

TBC tulang adalah penyakit pada tulang akibat infeksi oleh *Tubercolosis* sehingga tulang menjadi rusak.

## 3. Gangguan/kelainan tulang yang disebabkan oleh faktor keturunan (sifat keturunan)

Suatu sifat keturunan pada orang tua yang bersifat menurun akan diwariskan kepada keturunannya, sifat itu disebut gen. Misalnya, kelainan bentuk tulang punggung yang dialami orang tua yang disebabkan oleh gen maka akan diwariskan kepada keturunannya.

## 4. Gangguan/kelainan tulang yang disebabkan oleh makanan

Pertumbuhan tulang-tulang sangat tergantung dari makanan yang kita makan setiap hari. Makanan yang kita makan harus mengandung zat-zat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tulang. Misalnya, mengandung zat kapur, fosfor dan vitamin D.

Kekurangan zat kapur (kalsium) dan vitamin D pada tulang, dapat menyebabkan pertumbuhan tulang pada kaki terganggu, akibatnya tulang menjadi lunak dan bengkok. Jika bengkoknya ke dalam, kaki membentuk huruf X, tetapi jika bengkoknya keluar, membentuk huruf O. Pada orang tua, jika kekurangan kalsium maka punggung dapat membungkuk.

## 5. Gangguan/kelainan tulang karena kecelakaan

Gangguan/kelainan tulang karena kecelakaan antara lain:

a. Fraktura, jika terjadi patah tulang pada saat kecelakaan.
b. Fisura, jika tulang mengalami retak.
c. Urai sendi, jika terjadi pergeseran sendi karena selaput sendi sobek.
d. Kalus, jika tulang yang patah akibat kecelakaan, kemudian timbul gelembung pada bagian sambungan tulang, tempat sambungan tulang yang menggelembung setelah sembuh.

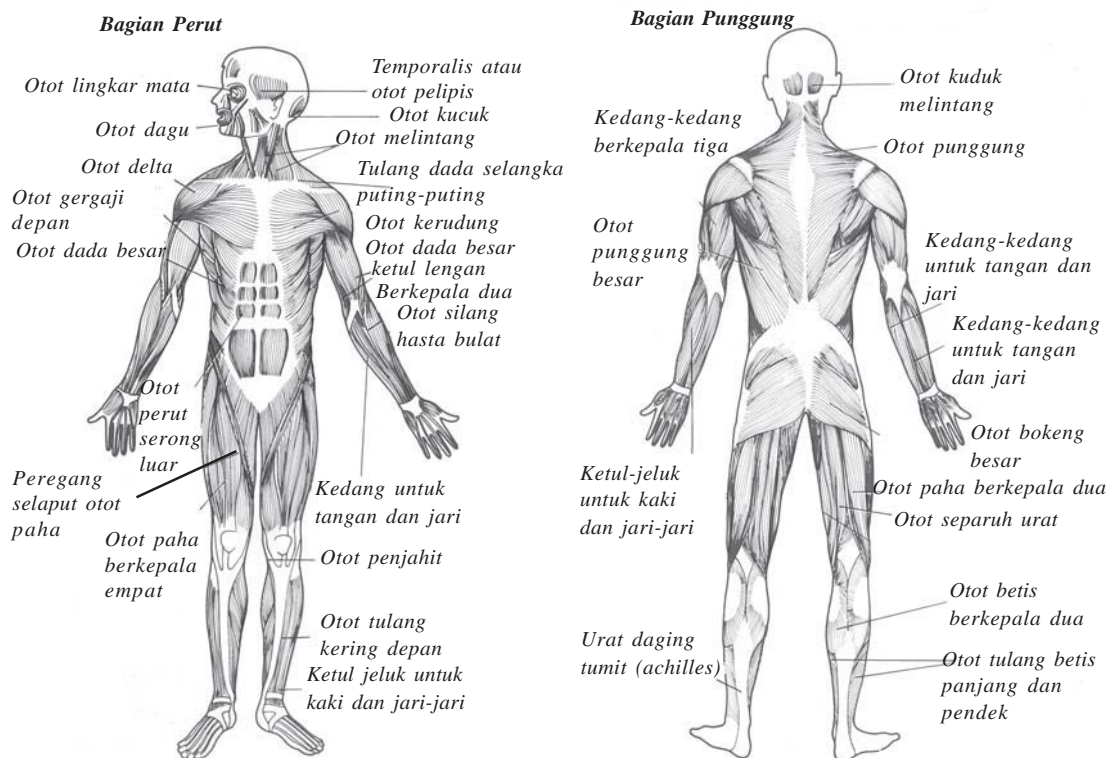
Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi gangguan dan penyakit pada tulang, antara lain:

a. Setiap hari makan makanan yang mengandung kalsium, fosfor, dan vitamin D
b. Membiasakan duduk dengan posisi yang benar.
c. Memvaksinasi polio pada anak-anak balita.

d. Menghindari penyakit sifilis dengan cara hidup sehat dan berperilaku sehat serta bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa.
e. Berolahraga yang teratur.
f. Hindari kecelakaan dengan berhati-hati di jalan atau di tempat lain.
g. Seringkali mendapatkan sinar matahari pagi.

## E. Otot sebagai Alat Gerak Aktif pada Manusia

Otot (*musculus*) disebut juga daging. Otot merupakan alat gerak aktif karena mampu menggerakkan tulang. Hal ini dikarenakan otot mampu berkontraksi (mengkerut) dan relaksasi (mengendor). Otot yang mampu menggerakkan tulang adalah otot yang melekat pada tulang atau rangka yang disebut otot lurik, sedangkan otot polos dan otot jantung tidak menggerakkan tulang, karena tidak melekat pada tulang atau rangka.

Otot lurik dapat berkontraksi karena mempunyai energi yang tersimpan dalam otot yang disebut ATP (*Adensin Tri Phosphat)*. ATP tersedia dari hasil pembakaran atau oksidasi makanan (baik karbohidrat maupun lemak). Jika otot terus-menerus berkontraksi, maka energi akan habis sehingga harus membentuk ATP lagi.



**Gambar 3.10** Otot sebagai alat gerak pada manusia
**Sumber:** HDI Tubuh Manusia

## 1. Macam-macam Otot

Berdasarkan susunan dan fungsinya, otot dibedakan menjadi:

### a. *Otot lurik (Serat Lintang)*

Otot ini tersusun atas sel-sel yang berbentuk serabut dan di bagian tepi mengandung inti. Jika dilihat di bawah mikroskop akan tampak bagian yang gelap dan terang seperti lurik. Oleh karena itu, disebut otot lurik atau disebut otot seran lintang karena bagian gelap dan terang arahnya melintang.

Gambar 3.11 Otot lurik
Sumber: HDI Tubuh Manusia

Serabut-serabut otot merupakan kumpulan dari sel-sel otot sehingga membentuk jaringan. Serabut-serabut otot bergabung menjadi satu dan dibungkus dengan selaput fasia propia menjadi berkas otot yang lebih besar. Berkas-berkas otot bergabung menjadi satu kesatuan lagi dan dilapisi selaput yang disebut *fasia superfisialis*. Gabungan otot ini akan membentuk daging yang di bagian tengahnya terjadi pembesaran disebut *empal*, sedangkan di bagian-bagian ujungnya disebut *tendon* (urat). Ujung tendon yang melekat pada tulang yang tidak bergerak disebut *origo* sedangkan yang melekat pada tulang dan bergerak disebut *insersi*.

Sifat-sifat otot lurik adalah sistem kerjanya dipengaruhi oleh kehendak kita, cara kerjanya cepat dan cepat lelah, gerakannya tidak teratur, inti sel lebih dari satu dan letaknya di tepi.

### b. *Otot jantung*

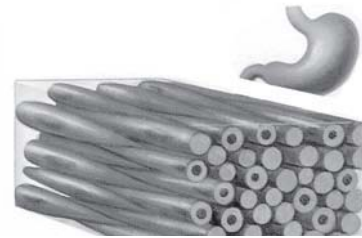
Otot pada jantung tersusun dari sel-sel otot yang bergaris melintang seperti lurik yang terdiri dari serabut-serabut otot membentuk berkas otot, sedangkan intinya terdapat di tengah dan terletak pada dinding jantung.

Otot jantung memiliki sifat-sifat yang menunjukkan sifat gabungan antara otot lurik dan otot polos. Otot jantung berbentuk serabut memanjang bercabang-cabang seperti otot lurik, namun cara bekerja otot jantung di luar kesadaran seperti otot polos. Gerakannya teratur dan tidak cepat lelah.

Gambar 3.12 Otot jantung
Sumber: HDI Tubuh Manusia

Jika gerakan jantung tidak teratur, jantung akan mudah rusak. Jantung adalah organ tubuh yang paling vital. Oleh karena itu, harus selalu dijaga kesehatannya. Faktor-faktor penyebab gerakan jantung tidak normal adalah terkejut, takut, marah, olahraga yang tidak teratur, banyak mengkonsumsi makanan berlemak, minum-minuman keras, dan merokok.

### c. Otot polos

Otot polos tersusun dari sel-sel otot polos, bentuknya polos, tidak memiliki bagian yang gelap dan bagian yang terang. Sel-sel otot hanya mempunyai satu inti. Otot polos banyak menyusun organ-organ tubuh, misalnya dinding usus, dinding saluran kelenjar, saluran pernapasan, saluran pencernaan, dinding lambung, saluran ekskresi, dinding pembuluh darah dan getah bening, hati, ginjal, dan limfa.

**Gambar 3.13** Otot polos
**Sumber:** HDI Tubuh Manusia

## 2. Cara Kerja Otot

Otot-otot kita mampu bekerja karena adanya tenaga. Tenaga siap pakai adalah tenaga yang tersimpan dalam sel-sel otot atau biasa disebut ATP (*Adenosin Tri Phosphat)*. Sementara itu, tenaga yang tersimpan dan pemakaiannya tidak langsung atau harus diubah menjadi tenaga disebut *glikogen.*

### a. Kerja otot polos

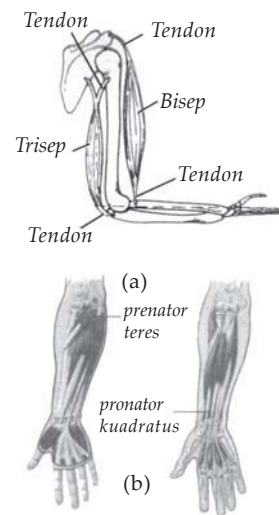
Cara kerja otot polos tidak dipengaruhi oleh kehendak kita. Otot ini bekerja tanpa kita sadari, misalnya otot-otot pada saluran pencernaan. Makanan yang kita telan dapat berjalan masuk ke lambung karena adanya gerak otot-otot pada kerongkongan, sehingga makanan seolah-olah diremas-remas menuju ke lambung. Gerakan ini disebut gerak peristaltik. Gerakannya lembut tetapi teratur, sehingga tidak cepat lelah.

### b. Kerja otot lurik

Di dalam otot lurik mengandung tenaga, akan tetapi jika tidak mendapatkan rangsangan dari saraf, otot tersebut tidak dapat bekerja. Faktor-faktor yang memengaruhi kerja otot adalah adanya rangsangan dari saraf dan adanya tenaga.

Otot lurik akan mengendor (relaksasi) dalam keadaan istirahat, sedangkan dalam keadaan bekerja (kontraksi) otot tersebut bersifat tegang, pendek, besar, dan keras. Hal ini terlihat pada bekerjanya otot rangka. Jika kita akan lari, saraf akan bekerja memerintahkan otot kaki untuk bergerak. Bergeraknya otot-otot kaki menggunakan tenaga siap pakai yang disebut ATP. ATP ini makin lama makin habis. Apabila tenaga habis dan masih dipaksa untuk berlari, dapat mengakibatkan kita kehabisan tenaga atau bahkan dapat jatuh pingsan.

Bila otot lurik bekerja akan menghasilkan zat sisa yang disebut asam susu atau asam laktat. Asam susu ini bersifat racun. Setelah berolahraga, badan akan terasa capek karena banyak terdapat timbunan asam susu ini. Asam susu ini secara pelan-pelan dibawa darah untuk dibuang melalui alat pengeluaran (ginjal). Otot-otot yang sering digerakkan atau dilatih akan mengalami pembesaran (hipertrofi), sebaliknya otot yang tidak sering digerakkan maka makin lama makin kisut (atrofi).

Otot sinergis adalah kerja dua otot yang sama-sama berkontraksi untuk menggerakkan tulang. Contohnya, otot-otot pronator yang terdapat pada lengan bawah. Kedua otot ini bekerja sama dalam menggerakkan telapak tangan menengadah (supinasi) atau menelungkup (pronasi). Otot yang bekerja sama secara berlawanan disebut antagonis. Bisep adalah otot yang memiliki dua tendon yang melekat pada tulang, sedangkan trisep adalah otot yang mempunyai tiga tendon yang melekat pada tulang. Jika otot bisep berkontraksi, lengan bawah akan terangkat. Untuk mengembalikan lengan bawah pada kedudukan semula, otot trisep berkontraksi. Jadi, kerja otot bisep merupakan otot fleksor (otot yang membengkokkan sendi) dan otot trisep merupakan otot ekstensor (otot yang meluruskan sendi) yang saling berlawanan.

**Gambar 3.14** (a) Kerja otot secara antagonis, (b) Kerja otot secara sinergis
**Sumber:** HDI Tubuh Manusia

## c. *Kerja otot jantung*

Otot jantung kerjanya otonom (bekerja sendiri). Tanpa kita perintah, otot jantung akan memompa darah sehingga bilik berkontraksi. Pada saat menerima darah, bilik akan mengendor. Kerja otot jantung dipengaruhi oleh saraf yang terdapat pada jantung.

### Kecakapan Personal

Pelajari macam otot di atas, kemudian isilah tabel berikut!

Tabel 3.1 Perbedaan Antara otot lurik, otot polos, dan otot jantung

| No. | Pembeda | Otot Lurik | Otot Polos | Otot Jantung |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Letak | | | |
| 2. | Warna/pola | | | |
| 3. | Bentuk sel | | | |
| 4. | Sifat kerja | | | |

## Rangkuman

1. Alat gerak pada manusia ada dua macam:
   - alat gerak pasif
   - alat gerak aktif
2. Berdasarkan susunan tulang pada manusia ada dua yaitu:
   - tulang rawan
   - tulang sejati
3. Fungsi kerangka yaitu menegakkan berdirinya badan, pelindung bagian yang penting (otak, mata, jantung, usus dan lain-lain)
4. Berdasarkan susunannya tulang keras dibagi dua: tulang kompak dan tulang spons.
5. Tulang penyusun kerangka antara lain: tulang belakang, tulang dada, tulang rusuk, tulang gelang panggul, dan tulang gelang bahu
6. Tulang rusuk terdiri dari: 7 pasang tulang rusuk, 3 pasang tulang rusuk palsu, 2 pasang tulang rusuk melayang.
7. Anggota gerak ada dua: anggota gerak atas dan anggota gerak bawah.
8. Tulang belakang terdiri dari: 7 ruas tulang leher, 12 ruas tulang, 7 ruas tulang leher, 5 ruas tulang pinggung, 5 ruas tulang kemudi (kelangkang), 4 ruas tulang ekor.
9. Otot merupakan alat gerak aktif karena mampu menggerakkan tulang.
10. Tubuh manusia tersusun oleh tiga macam otot, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.
11. Otot berkontraksi setelah mendapat rangsangan dari saraf. Ciri otot yang sedang berkontraksi adalah membesar, memendek, dan mengeras. Ciri-ciri otot yang relaksasi adalah mengecil, memanjang, dan melunak.
12. Otot bisep dan otot trisep pada lengan atas bekerja saling berlawanan (antagonis). Otot pronator pada lengan bawah bekerja bersamaan (sinergis).

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Jaringan tulang rawan terdiri atas ....
   a. zat kapur
   b. zat kolagen
   c. zat fosfor
   d. sel-sel tulang rawan

2. Berikut ini yang termasuk fungsi rangka tubuh, **kecuali** ....
   a. sebagai pelindung organ tubuh yang penting
   b. memberi bentuk tubuh
   c. tempat melekatnya otot
   d. sebagai alat gerak aktif

3. Pernyataan:
   1) bersifat lentur
   2) bersifat keras
   3) banyak mengandung zat perekat
   4) banyak mengandung zat kapur

   Pernyataan yang merupakan ciri-ciri dari tulang keras adalah ....
   a. 1 dan 3
   b. 1 dan 4
   c. 2 dan 4
   d. 3 dan 4

4. Jumlah ruas-ruas tulang belakang manusia adalah ....
   a. 32 ruas
   b. 33 ruas
   c. 34 ruas
   d. 43 ruas

5. Tulang rusuk sejati manusia berjumlah ....
   a. 2 pasang
   b. 3 pasang
   c. 5 pasang
   d. 7 pasang

6. Persendian yang menghubungkan tulang-tulang tengkorak kepala adalah ....
   a. sendi kaku
   b. sendi mati
   c. sendi putar
   d. sendi engsel

7. Hubungan antara tulang paha dengan tulang gelang panggul disebut sendi ....
   a. putar
   b. engsel
   c. peluru
   d. pelana

8. Karena kesalahan posisi duduk yang berlangsung lama, maka tulang belakang seseorang dapat membengkok ke belakang disebut ....
   a. lordosis
   b. rakitis
   c. kifosis
   d. skoliosis

9. Penyakit polio pada tulang disebabkan oleh ....
   a. kekurangan zat kapur
   b. kekurangan gizi
   c. kecelakaan
   d. virus

10. Otot lurik memiliki sifat-sifat sebagai berikut, **kecuali** ....
   a. berinti banyak
   b. gerakannya secara sadar
   c. gerakannya secara tak sadar
   d. berbentuk silindris

11. Otot jantung disebut sebagai otot istimewa, karena ....
   a. bentuknya seperti otot polos, bekerjanya secara tak sadar
   b. bentuknya seperti otot lurik, bekerjanya secara sadar
   c. bentuknya seperti otot polos, bekerjanya secara sadar
   d. bentuknya seperti otot lurik, bekerjanya secara tak sadar

12. Otot-otot di dalam tubuh kita dapat berkontraksi karena adanya ....
   a. cadangan makanan
   b. ATP
   c. energi panas
   d. zat gula

13. Ciri-ciri otot yang sedang berkontraksi ialah ....
   a. kendur, panjang, besar
   b. pendek, kecil, kendur
   c. tegang, pendek, besar
   d. pendek, kecil, tegang

14. Otot-otot yang sering digerakkan atau dilatih akan mengalami ....
   a. atrofi
   b. hipertrofi
   c. relaksasi
   d. kekejangan

15. Gerakan menelungkup dan menengadahnya telapak tangan merupakan contoh dari kerja otot ....
   a. sinergis
   b. pronator
   c. antagonis
   d. ekstensor

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Apa sebabnya otot kerangka disebut alat gerak aktif?
2. Apakah perbedaan antara tulang keras dan tulang rawan?
3. Sebutkan macam-macam sendi gerak!
4. Jelaskan perbedaan antara otot lurik, otot polos, dan otot jantung!
5. Sebutkanlah ciri-ciri otot yang sedang kontraksi dan relaksasi!

## Tugas Proyek

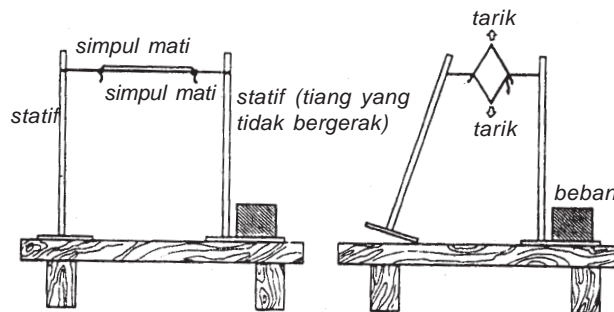
1. Buatlah klasifikasi mulai dari kingdom sampai spesies dari : kucing, jagung, ketela pohon, ayam, dan kelapa

2. **Tujuan**: Untuk mengetahui kerja otot

   **Alat dan bahan:**

   1. Statif
   2. Tali/nilon
   3. Model tangan

   **Cara kerja**

   1. Ikatkan statif dengan dua tali. Ujung yang lain diikatkan pada tiang statif yang diberi beban atau tiang tidak bergerak (lihat gambar)
   2. Kemudian tariklah kedua tali menurut anak panah!



   **Pertanyaan**

   1. Apakah yang terjadi setelah kedua tali ditarik menurut anak panah?
   2. Manakah jarak yang lebih panjang antara statif dan tiang pada gambar?
   3. Jika kedua tali pada percobaan dimisalkan sebuah otot, bagaimanakah ujung-ujung otot tersebut?
   4. Sebutkan ciri-ciri otot yang berkontraksi!

Bab IV

# Sistem Pencernaan pada Manusia dan Hubungannya dengan Kesehatan

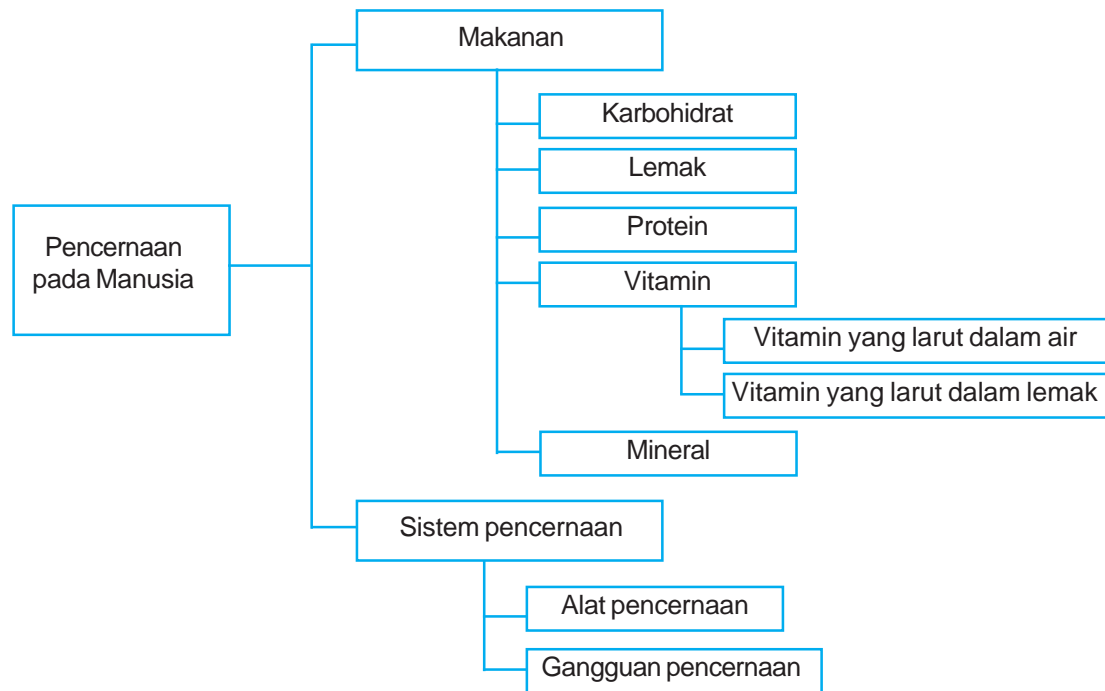
## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:
1. menyebutkan zat-zat yang terkandung dalam makanan.
2. menjelaskan fungsi makanan bagi tubuh.
3. menyebutkan urutan organ pada sistem pencernaan pada manusia.
4. menyebutkan gangguan-gangguan pada sistem pencernaan.

**Sumber:** www.picasaweb.google.com

Kita makan untuk mendapatkan energi yang kita gunakan untuk beraktivitas sehari-hari. Tahukah kamu bagaimana sistem pencernaan makanan pada tubuh sehingga mampu mengubah zat makanan menjadi energi? Terdiri dari apa saja sistem pencernaan kita? Makanan yang bagaimanakah yang sebaiknya kita konsumsi? Agar kalian memahaminya maka pelajari materi bab ini dengan seksama.

## Peta Konsep

- Pencernaan pada Manusia
  - Makanan
    - Karbohidrat
    - Lemak
    - Protein
    - Vitamin
      - Vitamin yang larut dalam air
      - Vitamin yang larut dalam lemak
    - Mineral
  - Sistem pencernaan
    - Alat pencernaan
    - Gangguan pencernaan

## Kata Kunci

- karbohidrat
- lemak
- protein
- vitamin
- mineral
- gangguan pencernaan

Salah satu ciri dari makhluk hidup adalah makan, karena semua makhluk hidup selalu membutuhkan energi, agar bisa melakukan aktivitasnya. Selain sebagai tenaga makanan juga untuk pertumbuhan, mengganti sel-sel yang rusak dan lain-lain. Masing-masing jenis makhluk hidup mempunyai kebiasaan makan yang berbeda-beda sehingga dapat dibedakan menjadi:

- Herbivora (pemakan tumbuhan)
- Karnivora (pemakan daging)
- Omnivora (pemakan segala)

Manusia termasuk omnivora, untuk itu marilah kita bahas.

## A. Makanan

Jenis dan jumlah makanan yang dimakan masing-masing orang dalam suatu daerah yang sama dapat berbeda, apalagi dengan daerah lain, atau dengan negara lain. Selera makan dengan jenis makanan dan olahan makanan di suatu daerah juga menyebabkan kebiasaan makan yang berbeda-beda. Tetapi yang penting adalah semua makanan yang masuk ke dalam tubuh harus dapat memenuhi kebutuhan tubuh. Makanan kita terdiri dari tiga kelompok utama yaitu karbohidrat, lemak, dan protein. Selain itu, tubuh kita juga membutuhkan sejumlah kecil vitamin dan mineral.

**Gambar 4.1** Sumber-sumber makanan yang bergizi
**Sumber:** www.mawife.com

### 1. Zat-zat yang terkandung di dalam makanan

#### *a. Protein*

Protein tersusun dari unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan kadang-kadang ditambah sulfur dan fosfat. Protein banyak terdapat pada tumbuhan, seperti pada biji-bijian terutama pada kacang-kacangan dan gandum, juga terdapat pada hewan seperti daging, telur, ikan, susu, ayam, dan lain-lain. Protein dari tumbuhan disebut protein nabati, sedangkan yang berasal dari hewan disebut protein hewani. Fungsi protein antara lain:

1) sebagai penghasil kalori setelah karbohidrat dan lemak,
2) membangun jaringan baru,
3) mengganti sel-sel yang rusak,
4) menjaga keseimbangan asam dan basa dalam tubuh.

Jika karbohidrat dan lemak sudah tidak ada maka protein akan diubah menjadi energi. Tiap-tiap 1 gram protein jika dibakar akan menghasilkan 4,1 kilokalori. Protein sangat dibutuhkan bagi anak-anak yang sedang tumbuh, ibu hamil, dan orang yang baru sembuh dari penyakit (untuk mengganti sel-sel yang rusak akibat penyakit). Bagi orang yang sudah tidak mengalami pertumbuhan, kebutuhan protein lebih sedikit. Jika protein yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebih, sisanya tidak dapat disimpan dalam tubuh, sehingga harus dikeluarkan dari tubuh setelah dirombak terlebih dahulu.

### b. Lemak

Lemak juga merupakan sumber energi setelah karbohidrat. Lemak juga tersusun atas unsur C, H, dan O tetapi energi yang ditimbulkan lebih banyak dibandingkan dengan karbohidrat. Lemak dapat menghasilkan 9,3 kilokalori setiap pembakaran 1 gram lemak. Pada umumnya diperlukan 0,5 - 1 gram untuk setiap kilogram berat badan. Coba, berapa gram zat lemak yang dibutuhkan tubuhmu setiap hari?

Makanan yang mengandung lemak ada yang berasal dari tumbuhan dan ada pula yang berasal dari hewan. Lemak yang berasal dari tumbuhan disebut lemak nabati, contohnya: kacang-kacangan, minyak kelapa, avokad, margarin, dan sebagainya. Lemak yang berasal dari hewan disebut lemak hewani, contohnya susu, lemak daging, mentega, keju, telur, minyak ikan, dan sebagainya. Adapun fungsi lemak antara lain:

1) sebagai sumber energi setelah karbohidrat,
2) sebagai pelarut vitamin A, D, E, K
3) melindungi organ-organ tubuh yang penting (seperti: mata, jantung, ginjal, usus, dan lain-lain),
4) melindungi tubuh terhadap suhu yang rendah.

**Gambar 4.2** Olahraga secara teratur dapat mencegah penimbunan kolesterol dalam tubuh
Sumber: almitauhid.com

Makanan yang berlemak sangat dibutuhkan bagi anak-anak pada masa pertumbuhan, tetapi bagi orang yang sudah dewasa dan sudah tua jika terlalu banyak makanan yang berlemak akan mengganggu kesehatannya. Lemak mengandung kolesterol yang penting dalam membentuk membran sel dan hormon tetapi jika kelebihan zat lemak, maka kolesterol akan mengendap di dalam dinding pembuluh darah, sehingga menjadi sempit dan menyebabkan tekanan darah menjadi tinggi. Kelebihan lemak juga dapat ditimbun di bawah kulit sehingga menyebabkan kegemukan.

## c. Karbohidrat

Karbohidrat adalah sumber energi utama yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen ($O_2$). Makanan yang mengandung karbohidrat antara lain tepung dan gula. Zat tepung terdapat pada nasi, sagu, ketela pohon, roti, kentang, ubi, dan lain-lain, sedangkan gula terdapat pada buah-buahan, sayur, dan susu. Karbohidrat dapat menghasilkan energi. Tiap 1 gram karbohidrat jika dibakar menghasilkan energi 4 - 4,1 kilokalori. Energi yang dihasilkan digunakan untuk aktivitas tubuh sehari-hari. Energi yang dibutuhkan tiap-tiap orang jumlahnya berbeda-beda hal ini tergantung pada macam kegiatan, jenis kelamin, usia, dan berat badan. Perhatikan beberapa contoh berikut.

Orang yang bekerja keras dengan banyak mengeluarkan keringat membutuhkan energi lebih banyak dibandingkan orang yang bekerja di kantor yang tidak banyak mengeluarkan keringat. Anak muda lebih banyak membutuhkan energi dibandingkan dengan orang tua, sebab anak muda umumnya lebih banyak melakukan kegiatan fisik dibanding orang tua; laki-laki pada umumnya lebih banyak membutuhkan energi daripada perempuan, sebab laki-laki lebih banyak melakukan aktivitas yang membutuhkan fisik dibanding perempuan.

Berat badan pun sangat memengaruhi kebutuhan energi, karena orang yang lebih berat jumlah sel-selnya lebih banyak dibanding yang lebih ringan. Sel merupakan makhluk hidup terkecil yang membutuhkan energi. Untuk aktivitas sel tersebut, misalnya untuk penebalan sel dan untuk kegiatan di dalam sel. Oleh karena itu, orang yang lebih berat lebih banyak membutuhkan energi dibanding dengan yang lebih ringan.

Jika karbohidrat yang dimakan ada kelebihan, maka karbohidrat di dalam tubuh akan disimpan di dalam hati, darah, dan otot menjadi glikogen hati, glikogen otot, dan glikogen (gula darah). Karbohidrat dalam tubuh juga dapat diubah menjadi lemak.

## d. Vitamin

Vitamin merupakan senyawa kimia yang berada pada makanan dan berperan penting untuk kesehatan dan pertumbuhan. Vitamin tidak seperti karbohidrat, lemak, dan protein sebab vitamin tidak dapat menghasilkan energi. Meskipun demikian, vitamin sangat dibutuhkan untuk mengatur metabolisme dalam tubuh. Vitamin dibutuhkan dalam jumlah sedikit setiap hari harus masuk bersama-sama makanan. Berdasarkan daya larutnya vitamin dibedakan menjadi dua, yaitu vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air.

### 1) Vitamin yang larut dalam air

a) Vitamin $B_1$

Vitamin $B_1$ disebut juga anti beri-beri. Sumber vitamin $B_1$ terdapat pada hati, jantung, ginjal, otak, susu, kuning telur, kulit ari padi, gandum, wortel. Fungsi vitamin $B_1$ adalah untuk metabolisme karbohidrat dan memengaruhi kadar air dalam tubuh. Jika kekurangan vitamin $B_1$ menyebabkan penyakit beri-beri.

b) Vitamin $B_2$

Sumber vitamin ini terdapat pada telur, hati, kacang-kacangan, tomat, dan buah-buahan. Jika kekurangan vitamin $B_2$ menyebabkan mata kabur (katarak), luka pada sudut mulut, dan bibir kemerahan sampai mengelupas (keilosis).

c) Vitamin $B_6$

Sumber vitamin ini terdapat pada telur, hati, ikan, daging, dan sayuran. Vitamin $B_6$ sangat penting dalam pertumbuhan. Jika kekurangan vitamin $B_6$ akan menyebabkan gejala pelagra, anemia, dan sukar buang air besar.

d) Vitamin C

Vitamin C banyak terdapat pada buah-buahan yang masak dan sayur-sayuran. Kebutuhan vitamin C berbeda-beda tergantung umur dan kebutuhan. Fungsi vitamin C adalah mengaktifkan enzim perombak protein dan lemak, untuk oksidasi dan dehidrasi sel, memengaruhi kerja anak ginjal, dan untuk membentuk protrombin. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan pendarahan dalam kapiler darah, pendarahan dalam sumsum tulang, dan kerusakan tulang. Gejala-gejala yang timbul karena kekurangan vitamin C adalah terjadi pendarahan gusi, pendarahan di bawah kulit, dan mudah sakit perut.

**Gambar 4.3** Buah-buahan merupakan sumber vitamin C
**Sumber:** Ensiklopedi Umum untuk Pelajar 5

### *2) Vitamin yang larut dalam lemak*

a) Vitamin A

Vitamin A banyak terdapat pada minyak ikan, mentega, susu, hati, dan lain-lain. Pada makanan misalnya wortel, sayuran, dan buah-buahan. Fungsi vitamin A adalah sebagai penunjang pertumbuhan dan anti infeksi. Jika kekurangan vitamin A akan menyebabkan mudah terkena infeksi, lapisan epitelium mudah rusak, rabun senja, dan mata buta (*xeroftalmia)*.

b) Vitamin D

Vitamin D banyak terdapat pada susu, daging, sayuran, minyak ikan, telur, mentega, pisang dan lain-lain. Semua itu dalam bentuk provitamin D sehingga dengan bantuan sinar matahari dalam tubuh dapat diubah menjadi vitamin D.Vitamin D berperan dalam proses pembentukan tulang dan gigi. Kekurangan vitamin D pada anak-anak dapat menyebabkan penyakit rakhitis.

c) Vitamin E

Vitamin E banyak terdapat pada kuning telur, susu, lemak daging, ginjal, dan kecambah kacang hijau. Fungsi vitamin E adalah menjaga struktur sel-sel darah merah, menjaga keremajaan sel, mencegah pendarahan pada ibu hamil, dan mencegah keguguran.

d) Vitamin K

Vitamin K disebut juga vitamin antipendarahan (antihermoragia) sebab vitamin K diperlukan untuk membentuk protrombin dalam hati. Protrombin adalah faktor yang penting dalam proses pembekuan darah sumber vitamin K antara lain terdapat pada

kangkung, kubis, bayam, hati, daging, wortel, minyak kedelai, dan tomat. Vitamin K juga dapat dibuat oleh bakteri *Escherichia coli* di dalam usus besar. Kekurangan vitamin K dapat menyebabkan darah sukar membeku.

## e. Mineral

Mineral sangat dibutuhkan oleh tubuh, agar fungsi organ tubuh tetap normal. Mineral berfungsi sebagai penyusun tubuh, mempercepat reaksi, dan menjaga proses fisiologi tubuh. Mineral banyak terdapat pada daging, sayuran, buah-buahan, susu, keju, dan lain-lain. Contoh-contoh mineral antara lain: Besi (Fe), Kalsium (Ca), Kalium (K), Natrium (Na), Yodium (I), Magnesium (Mg), Fosfor (P), dan Sulfur (S).

### 1) Besi (Fe)

Berguna untuk membentuk hemoglobin, berperan dalam respirasi sel, berperan dalam pengikatan oksigen oleh darah. Jika kekurangan zat besi (Fe) akan menyebabkan penyakit anemia, zat besi (Fe) banyak terdapat pada sayuran yang berwarna hijau, hati, daging, dan telur.

### 2) Kalsium (Ca)

Kalsium banyak terdapat pada susu, keju, kuning telur, mentega, udang, buah-buahan, sayur-sayuran seperti kubis, kacang-kacangan, bawang, dan lain-lain. Kalsium penggunaannya diatur oleh hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar anak ginjal yaitu hormon parathormon. Fungsi kalsium antara lain membantu proses pembentukan darah, membantu proses penggumpalan darah, membentuk matriks tulang dan gigi, bersama-sama *fosfor*, membantu menghantarkan rangsang saraf, dan membantu kontraksi otot.

**Gambar 4.4** Beberapa jenis makanan yang mengandung kalsium
**Sumber:** Ensiklopedi Umum untuk Pelajar 5

Penggunaan kalsium bagi setiap orang berbeda-beda terutama bagi anak-anak, ibu hamil dan menyusui membutuhkan lebih banyak dibanding orang dewasa biasa. Laki-laki dan perempuan dewasa kurang lebih membutuhkan 0,8 kalsium gram per hari. Jika kekurangan kalsium akan menimbulkan gangguan-gangguan seperti pertumbuhan tulang tidak normal (tulang menjadi lunak) disebut rakhitis, sering terjadi kejang pada otot (kram), darah sukar membeku, gigi keropos dan berwarna hitam dan lain-lain.

### 3) Yodium (I)

Yodium sangat penting guna menyusun hormon tiroksin yang dikeluarkan oleh kelenjar gondok. Fungsi hormon tiroksin untuk mengatur metabolisme dalam tubuh. Bahan makanan yang mengandung yodium antara lain minyak ikan, ikan laut, garam beryodium, sayur-sayuran

yang berwarna hijau. Kekurangan yodium pada bayi dapat menyebabkan pertumbuhannya terlambat dan kelenjar gondoknya membesar.

### 4) Magnesium (Mg)

Fungsi magnesium dalam tubuh antara lain sebagai bahan yang penting dalam pembentukan tulang, otot, dan sel darah merah; sebagai katalisator (mempercepat reaksi) dalam tubuh; dan membantu dalam pernapasan sel. Bahan makanan yang mengandung magnesium contohnya, daging, susu, dan jenis padi-padian. Jika kekurangan magnesium dapat mengakibatkan kerusakan pada pembuluh darah jantung, kerusakan ginjal, dan tidak dapat mengendalikan emosi.

### 5) Fosfor (P)

Bahan makanan yang mengandung fosfor misalnya ikan, jagung, dan kacang-kacangan. Fungsi dari fosfor antara lain untuk proses metabolisme, membentuk matriks tulang, berperan dalam kontraksi otot, bahan pembentuk fosfatial, dan berperan dalam pewarisan sifat keturunan. Jika kekurangan fosfor dapat mengakibatkan proses metabolisme terganggu, pertumbuhan tulang terganggu (rakhitis), kerusakan gigi, timbul kejang-kejang pada otot, dan darah sukar membeku.

### 6) Sulfur (S)

Bahan makanan yang mengandung sulfur antara lain telur, susu, daging, keju, dan sayuran. Fungsi sulfur adalah sebagai penyusun vitamin (tiamin, biotin, dan lain-lain), mengaktifkan enzim tertentu serta membantu menyimpan dan membebaskan tenaga. Jika kekurangan sulfur dapat mengakibatkan metabolisme tubuh terganggu, kekurangan salah satu vitamin, dan tubuh kurang bertenaga.

### 7) Kalium (K)

Bahan makanan yang banyak mengandung kalium misalnya buah-buahan dan sayuran. Kegunaan kalium antara lain menjaga agar denyut jantung normal, mengatur pengeluaran insulin dari pankreas, membantu meneruskan rangsang saraf, dan membantu kontraksi otot. Jika kekurangan kalium dapat mengakibatkan denyut jantung tidak normal dan otot tidak bertenaga.

### 8) Natrium (Na)

Sumber natrium adalah garam dapur yang berasal dari laut. Garam dapur merupakan persenyawaan antara natrium dan klorida menjadi NaCl. Kegunaan natrium antara lain untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh, membantu agar sel-sel otot dan sel-sel saraf tetap peka, menjaga keseimbangan asam dan basa cairan tubuh. Jika kekurangan natrium pengaturan suhu tubuh akan terganggu, mudah lelah, dan mudah kejang otot.

**Gambar 4.5** Pisang merupakan salah satu buah yang mengandung kalium
**Sumber:** Ensiklopedi Umum untuk Pelajar 5

## 2. Fungsi makanan bagi manusia

Makanan yang setiap hari kita makan harus mengandung zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Makanan yang mengandung zat-zat yang dibutuhkan tubuh tersebut dinamakan makanan bergizi. Biasanya orang berpendapat bahwa makanan yang bergizi adalah makanan yang mahal harganya, misalnya ikan, telur, susu, keju, dan lain-lain. Padahal makanan yang bergizi dapat berupa tahu, tempe, atau sayur-sayuran yang harganya lebih murah. Oleh karena itu, dalam menyusun menu makanan kita harus pandai-pandai memilih makanan yang bergizi. Selain bergizi, makanan yang kita makan setiap hari harus lengkap dan seimbang. Makanan yang lengkap artinya makanan yang mengandung semua bahan yang diperlukan tubuh, seimbang artinya sesuai dengan kebutuhan tubuh. Setiap orang membutuhkan makanan seimbang yang berbeda-beda menurut berat badan, jenis kelamin, kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan, dan umur seseorang. Makanan yang kita makan jangan terlalu banyak, juga jangan terlalu sedikit. Jika makanan yang kita makan terlalu banyak maka dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti obesitas (kegemukan), penyakit jantung, kolesterol, ginjal, asam urat, sesak napas, dan lain-lain.

*Minyak nabati dan*
*Daging , ikan dan protein nabati lainnya*
*Susu*
*Sayuran*
*Buah-buahan*
*Roti, nasi dan gandum*

**Gambar 4.5** Menu empat sehat lima sempurna mengandung semua zat gizi yang diperlukan oleh tubuh

**Sumber:** Ensiklopedi Umum untuk Pelajar 5

## 3. Kebutuhan makanan pada bayi

Bayi sangat membutuhkan makanan yang bergizi, karena bayi membutuhkan proses pertumbuhan yang cepat, dibanding dengan orang dewasa, organ-organ tubuh bayi belum sempurna fungsinya. Makanan untuk bayi harus mudah dicerna karena makanan yang sesuai dengan kondisi bayi adalah air susu ibu (ASI). ASI mengandung semua zat yang dibutuhkan tubuh bayi, dan mengandung zat antibodi untuk mengantisipasi penyakit, ASI juga bersifat steril, dan mempunyai suhu yang sesuai dengan suhu bayi.

Ada seorang ibu dengan berbagai alasan terpaksa tidak dapat menyusui anaknya sendiri, dan memutuskan untuk menggantinya dengan susu formula. Meskipun gizinya sama, tetapi hubungan sang anak dengan sang ibu tidak seperti ibu yang menyusui sendiri anaknya, sebab dengan menyusui dapat terjalin hubungan kasih sayang yang lebih erat antara ibu dan anak. Selain itu, susu formula tidak mengandung zat antibodi, sehingga sang bayi mungkin mudah tertular penyakit tertentu.

## B. Sistem Pencernaan pada Manusia

Makhluk hidup memerlukan makanan untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Makanan yang masuk ke dalam tubuh manusia tidak dapat langsung diserap dan diedarkan ke seluruh tubuh, tetapi harus melalui proses pencernaan terlebih dahulu. Proses pencernaan bertujuan untuk memperoleh sari-sari makanan yang siap diedarkan ke seluruh tubuh. Proses pengangkutan zat makanan ini dilakukan oleh darah. Pencernaan makanan pada manusia terjadi secara mekanik dan kimiawi. Pencernaan mekanik artinya pengubahan makanan menjadi bagian-bagian yang kecil secara mekanik, misalnya dengan cara mengunyah di dalam mulut, sehingga makanan menjadi halus dan tidak terjadi perubahan zat. Pencernaan kimiawi adalah proses pengubahan makanan dengan bantuan enzim pencernaan. Dalam hal ini terjadi perubahan zat makanan sehingga terjadi zat baru. Sistem pencernaan terdiri atas alat-alat pencernaan dan enzim pencernaan.

### 1. Alat-alat pencernaan pada manusia

Makanan yang kita makan tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tubuh. Makanan tersebut diubah menjadi sari-sari makanan melalui proses pencernaan. Sari-sari makanan tersebut diserap oleh tubuh dan diedarkan ke seluruh tubuh.

Alat pencernaan makanan pada manusia, yaitu rongga mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, dan usus besar. Dari rongga mulut, makanan masuk ke lambung melalui kerongkongan. Dari lambung, makanan diangkut ke usus halus. Di usus inilah terjadi proses penyerapan. Sisa makanan yang telah diserap akan dibawa ke usus besar, dan akhirnya dibuang dalam bentuk kotoran atau feses.



**Gambar 4.7** Sistem pencernaan pada manusia
**Sumber :** Kamus Visual

#### a. *Rongga mulut (vacum oris)*

Di dalam rongga mulut terdapat gigi, ludah, dan lidah. Gigi mulai tumbuh pada saat bayi berusia kurang lebih 5 bulan. Pertumbuhan gigi dimulai dari gigi seri, kemudian diikuti gigi lainnya. Gigi tumbuh lengkap sampai anak mencapai usia kira-kira 6 tahun. Gigi pada anak-anak dengan gigi tetap. Jenis gigi ini berjumlah 20 buah yang terdiri dari 8 gigi seri, 4 gigi taring, dan 8 gigi geraham dengan susunan sebagai berikut.

Gigi seri pertama
Gigi seri kedua
Taring
Geraham depan pertama
Geraham depan kedua
Geraham pertama
Geraham kedua
Geraham ketiga
Gigi tetap
Gigi susu
Rahang atas
Geraham ketiga
Geraham kedua
Geraham pertama
Rahang bawah
Geraham depan kedua
Geraham depan pertama
Taring
Gigi seri kedua
Gigi seri pertama

**Gambar 4.8** *Susunan gigi susu dan gigi tetap*
*Sumber : HDI Tubuh Manusia*

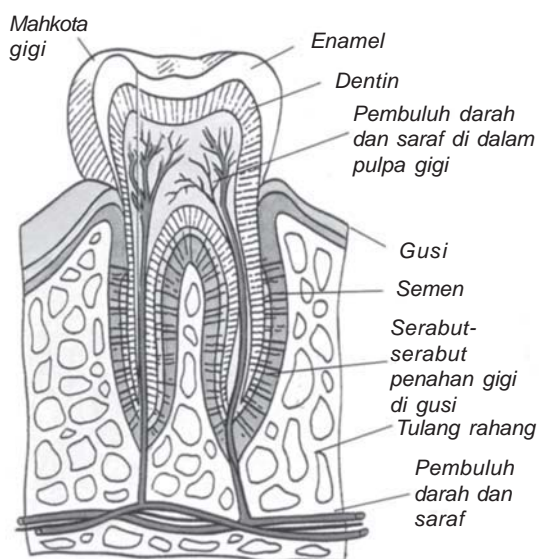
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Atas |
| kiri | | | | | | | kanan |
| | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | Bawah |
| | Geraham | Taring | Seri | Seri | Taring | Geraham | |

Orang dewasa susunan giginya berjumlah 32 buah yang terdiri atas 8 buah gigi seri, 4 buah gigi taring, 8 buah gigi geraham muka, dan 12 gigi geraham belakang (geraham besar) dengan susunan sebagai berikut.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | Atas |
| kiri | | | | | | | | | kanan |
| | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | Bawah |
| | Geraham belakang | Geraham muka | Taring | Seri | Seri | Taring | Geraham muka | Geraham belakang | |

Secara umum gigi manusia ada tiga macam, yaitu gigi seri, gigi taring, dan gigi geraham. Gigi seri berfungsi untuk memotong dan menggigit, gigi taring untuk merobek-robek makanan, dan gigi geraham berperan dalam mengunyah makanan. Untuk memahami bagian-bagian dari gigi perhatikan gambar penampang gigi berikut ini.

Gigi melekat pada gusi karena adanya semen yang merupakan perekat gigi pada gusi. Kekurangan vitamin C mengakibatkan gusi rapuh dan mudah berdarah. Kebiasaan buruk seperti merokok akan mempercepat kerusakan gigi karena timbulnya plak dan karang gigi.

Memakan makanan yang terlalu masam, terlalu manis, terlalu panas, dan terlalu dingin dapat mempercepat proses kerusakan gigi. Perubahan suhu yang mendadak akan memudahkan gigi retak. Makanan dan minuman yang sesuai untuk kesehatan gigi memiliki suhu sekitar $20^{o}$C sampai $40^{o}$C. Tindakan pencegahan terhadap kerusakan gigi akibat adanya bakteri maupun kuman yang ada di sela-sela sebaiknya dilakukan dengan cara menggosok gigi setelah makan. Kuman sangat menyukai sisa-sisa makanan yang terselip di sela-sela gigi. Sisa-sisa zat gula saat mengisap kembang gula menyebabkan suburnya kehidupan kuman pada gigi yang akhirnya dapat menghancurkan gigi.

**Gambar 4.9** Penampang gigi
**Sumber :** HDI Time-Life.Tubuh Manusia

Gigi yang berlubang disebabkan oleh bakteri yang bertempat tinggal pada sela-sela gigi dan menguraikannya menjadi asam yang akhirnya menembus email dan menimbulkan lubang pada gigi. Email merupakan lapisan yang menyelubungi gigi dan tampak dari luar. Email pada umumnya berwarna putih, tetapi ada juga yang berwarna kuning gading. Pada zaman dahulu orang terbiasa menggosok gigi dengan ramuan tertentu sehingga lapisan emailnya berwarna hitam.

Bagian gigi yang tampak dari luar dan terlapisi oleh email dinamakan mahkota gigi, sedangkan bagian gigi yang tertanam di dalam rahang dan tidak tampak dari luar dinamakan akar gigi. Di antara puncak gigi atau mahkota gigi dengan akar gigi terdapat leher gigi. Bagian akar gigi menancap pada rahang dengan bantuan semen.

Di dalam rongga gigi terdapat pembuluh darah dan serabut saraf. Pembuluh darah berfungsi mengalirkan sari makanan ke dalam sel-sel tulang gigi untuk menjaga pertumbuhan gigi.

Geraham belakang disebut juga geraham bungsu, karena tumbuhnya paling akhir, yaitu sekitar 18 tahun ke atas. Oleh karena itu, umumnya siswa SMP jumlah giginya belum mencapai 32 karena geraham bungsunya belum tumbuh.

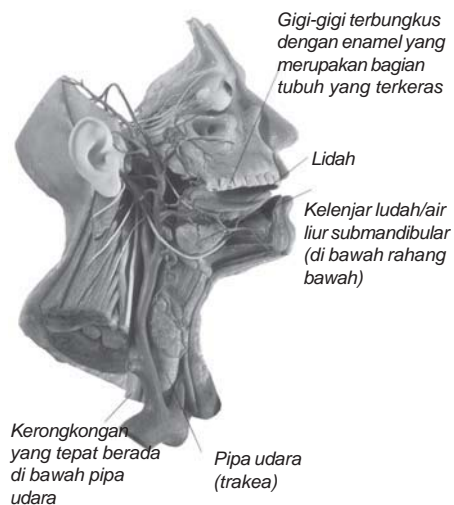
Dalam rongga mulut terdapat air liur atau ludah yang dihasilkan oleh kelenjar ludah yang terletak di bawah lidah disebut kelenjar sublingualis. Pada air liur atau ludah terlarut air, garam, lendir, dan enzim ptialin. Enzim ptialin mampu mengubah zat tepung pada makanan menjadi maltosa. Keluarnya air liur diatur oleh saraf yang dirangsang oleh bau makanan yang mengundang selera. Namun, tidak menutup kemungkinan bau yang tidak sedap pun akan merangsang keluarnya air liur. Oleh karena itu, jika kita mencium bau yang busuk, secara

Gigi-gigi terbungkus dengan enamel yang merupakan bagian tubuh yang terkeras

Lidah

Kelenjar ludah/air liur submandibular (di bawah rahang bawah)

Kerongkongan yang tepat berada di bawah pipa udara

Pipa udara (trakea)

**Gambar 4.10** Rongga mulut dan bagian-bagiannya
**Sumber :** Jendela IPTEK 9

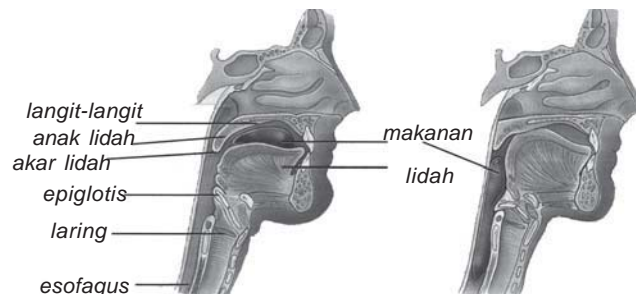
spontan kita ingin membuang ludah. Keberadaan air liur di mulut menjadikan makanan lebih mudah ditelan.

Lidah dalam rongga mulut berfungsi untuk membantu melancarkan proses pencernaan. Hal ini karena lidah membantu mengatur letak makanan dan membantu menelannya. Selain itu, di permukaan lidah terdapat ujung-ujung saraf pengecap yang berguna untuk merasakan makanan, yakni rasa asin, manis, masam, dan pahit.

## *b. Kerongkongan (Esofagus)*

Makanan yang sudah sampai di mulut, kemudian ditelan dan masuk ke kerongkongan melalui persimpangan yang disebut laringo faring. Kerongkongan akan menggelembung jika berisi makanan dan akan memipih jika mengalami kekosongan. Kerongkongan terdiri dari otot polos yang dapat berkontraksi secara bergelombang sehingga mendorong makanan masuk ke lambung. Gerakan kerongkongan ini disebut gerak peristaltik.

Laringo faring terletak di belakang tenggorokan. Pada saat menelan makanan, bagian faring menutup saluran udara, sehingga makanan masuk menuju kerongkongan. Apabila kita makan sambil berbicara, saat menelan bersamaan dengan menghirup udara sehingga faring menutup secara tidak sempurna. Sehingga peristiwa tersedak dapat terjadi karena sebelum makanan masuk ke paru-paru telah terdorong oleh udara keluar hidung. Mengapa tidak keluar kembali ke mulut? Hal ini terjadi karena saluran udara tersebut berhubungan dengan rongga hidung sehingga makanan atau air yang masuk ke saluran udara akan didesak menuju ke rongga hidung. Oleh karena itu, pada saat makan jangan sambil berbicara atau sambil berlari, sebab menimbulkan yang membahayakan keselamatan kita.

langit-langit
anak lidah
akar lidah
epiglotis
laring
esofagus
makanan
lidah

**Gambar 4.11** Posisi faring pada saat makan dan bernapas
**Sumber :** Jendela IPTEK 9

## c. Lambung (Ventrikulus)

Lambung sering disebut perut besar atau kantong nasi, ada pula yang menyebut *maag*. Lambung berbentuk seperti kantong dan terletak di rongga perut sebelah kiri. Makanan dari kerongkongan masuk ke dalam lambung dan mengalami proses secara kimiawi dengan pertolongan enzim-enzim yang dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar enzim atau kelenjar getah lambung.

Esofagus
Pangkal lambung
Daerah jantung
Pilorus
Badan lambung
Otot lingkar pilorus
Vestibula pilorus
Duodenum (usus dua belas jari)

**Gambar 4.12** Bagian-bagian lambung
**Sumber :** HDI Time-Life.Tubuh Manusia

Enzim yang dikeluarkan oleh kelenjar lambung adalah:

1) HCl atau asam klorida, berfungsi membunuh mikroorganisme atau kuman-kuman yang ikut masuk bersama makanan. Selain itu, enzim HCl juga berfungsi untuk mengaktifkan pepsinogen sehingga menjadi pepsin.
2) Pepsin berfungsi mengubah protein menjadi pepton dan protease.
3) Renin berfungsi mengendapkan kasein (kasein yaitu protein yang terdapat pada air susu) atau mengendapkan keju dari air susu.

Setelah makanan mengalami proses pencernaan di lambung, makanan menjadi lumat seperti bubur. Selanjutnya, makanan ini sedikit demi sedikit keluar melalui pintu lambung yang disebut pilorus (bagian akhir dari lambung).

## d. Usus halus (intestinum tenue)

Panjang usus halus kurang lebih 8,25 meter. Usus ini dibagi menjadi tiga bagian yang saling berhubungan yaitu usus dua belas jari (duodenum), usus kosong (jejunum), dan usus penyerap (ileum).

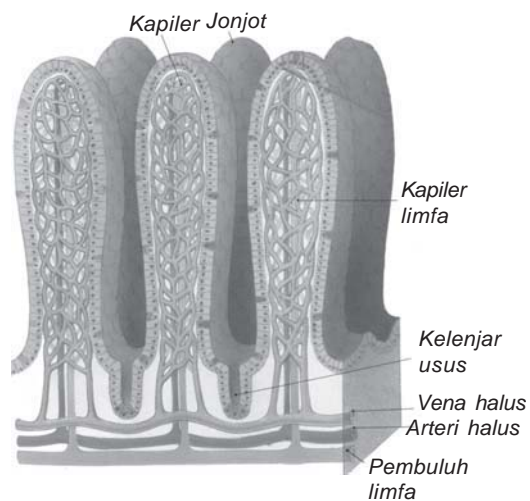
Usus dua belas jari (duodenum) merupakan bagian usus halus yang berhubungan langsung dengan lambung. Pada usus dua belas jari terdapat muara dua kelenjar, yaitu kelenjar empedu yang menghasilkan cairan empedu, dan kelenjar pankreas yang menghasilkan tiga macam enzim, yaitu:

duodenum
yeyunum
ileum

**Gambar 4.13** Usus halus manusia
**Sumber :** Biologi SMA 2-Transvisi

1) Amilase, berfungsi mengubah zat tepung (amilum) menjadi zat gula (glukosa).
2) Tripsin, berfungsi mengubah protein menjadi asam amino.
3) Lipase, berfungsi menguraikan lemak menjadi gliserol dan asam lemak.

Makanan dalam usus halus dapat bergerak turun karena adanya gerak peristaltik yang dilakukan oleh dinding-dinding usus. Makanan yang telah lumat akan mengalami proses penyerapan pada bagian usus penyerapan (ileum), di sini terjadi penyerapan sari makanan, secara absorbsi masuk ke pembuluh darah. Dinding usus penyerap berlipat-lipat untuk memperluas bidang penyerapan. Lipatan tersebut berbentuk jonjot-jonjot usus (vili-vili usus). Di dalam jonjot-jonjot usus terdapat pembuluh darah dan pembuluh kil atau pembuluh getah bening. Pembuluh darah bertugas menyerap sari makanan dalam bentuk asam lemak dan gliserol (hasil dari pencernaan) untuk diedarkan ke seluruh tubuh.

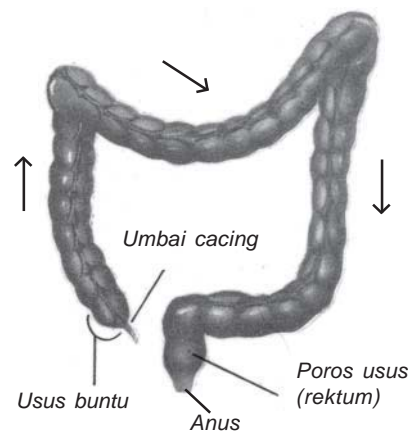
Kapiler Jonjot
Kapiler limfa
Kelenjar usus
Vena halus
Arteri halus
Pembuluh limfa

**Gambar 4.13** Penampang jonjot usus
**Sumber :** Pustaka Pengetahuan Modern, Tubuh Manusia

Pembuluh kil yang terdapat pada jonjot-jonjot usus akhirnya bergabung dengan pembuluh limfe lainnya yang bermuara pada pembuluh darah di bawah tulang selangka. Proses penyerapan sari-sari makanan yang terjadi di dalam dinding usus dapat berlangsung secara difusi dan osmosis serta dipengaruhi oleh kegiatan sel-sel hidup.

## e. Usus besar (kolon)

Usus besar atau usus tebal dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: usus besar naik (*colon ascendens*), usus besar mendatar *(colon tranversus)*, dan usus besar turun (*colon descendens*).

Pada permukaan usus besar naik, di bagian bawah terdapat tonjolan yang disebut umbai cacing (apendiks). Apabila terisi oleh biji-bijian yang kecil, maka biji-biji ini akan membusuk karena tidak dapat dicerna oleh usus besar, sehingga mengakibatkan usus buntu (apendiksitis). Dalam usus besar, makanan tinggal ampas dan air. Air tersebut kemudian diserap oleh dinding usus besar sehingga sisa makanan yang berupa ampas menjadi padat. Pada usus besar terjadi proses pencernaan biologis yaitu sisa-sisa makanan yang dibusukkan oleh bakteri sehingga sisa-sisa makanan berbentuk tinja.

Umbai cacing
Usus buntu
Anus
Poros usus (rektum)

**Gambar 4.14** Usus besar manusia
**Sumber :** Biologi SMA 2-Transvisi

Bakteri yang terdapat dalam usus besar juga berfungsi menghasilkan vitamin K yang sangat diperlukan dalam proses pembekuan darah. Vitamin K ditampung pada usus besar turun bagian bawah yang agak membesar (rektum) dan akhirnya dikeluarkan melalui anus. Anus dikendalikan oleh dua otot melingkar, yaitu otot polos yang terletak di sisi dalam dan otot lurik yang terletak di sisi luar.

## C. Gangguan Sistem Pencernaan

Gangguan dalam sistem pencernaan antara lain:

1. *Ulkus*, adalah peradangan lambung akibat produksi HCl lebih banyak sehingga merusak dinding lambung sendiri.
2. *Parotis* (gondong), adalah radang kelenjar parotis karena virus.
3. *Apendiksitis*, adalah peradangan umbai cacing oleh bakteri.
4. *Sariawan/malabsorpsi*, adalah gangguan yang disebabkan oleh beberapa penyakit yang dapat menurunkan absorpsi makanan dalam usus walau makanan telah dicerna dengan baik.
5. *Mega kolon*, adalah gangguan pencernaan yang berasal dari konstipasi parah sehingga terjadi penumpukan feses akibatnya proses buang air besar hanya terjadi satu kali dalam seminggu.
6. *Disfagia*, adalah kerusakan lambung karena alkohol atau racun.
7. *Kanker lambung*, adalah lambung rusak, timbul benjol-benjolan sehingga tidak berfungsi untuk mencernakan makanan. Hal ini disebabkan terlalu banyak mengkonsumsi alkohol, merokok, dan makanan awetan atau virus.
8. *Muntah*, adalah keluarnya makanan dan cairan karena kontraksi diafragma akibat keracunan pada perut besar melalui makanan.
9. *Diare*, adalah penyerapan air pada kolon atau usus besar terganggu sehingga kerja kolon dipercepat.
10. *Konstipasi* (sembelit), adalah sulit buang air karena penyerapan air di kolon terlalu banyak sehingga feses menjadi padat dan sukar keluar.
11. *Peritonitis*, adalah radang pada selaput perut.
12. *Kolik*, adalah rasa sakit berulang-ulang karena kontraksi otot sangat kuat.
13. *Gastritis*, adalah radang mukosa pada lambung karena infeksi pada selaput lendir atau mukosa lambung oleh bakteri.

**Info Sains**

Pembuluh yang Tidak Berguna

Pada kelinci dan beberapa hewan lain yang makanannya sebagian besar tumbuh-tumbuhan, apendiks atau usus buntu merupakan organ tubuh yang berguna. Di dalam apendiks, mikroba-mikroba menghancurkan selulosa tumbuhan. Bagi manusia, apendiks hanya merupakan pembuluh yang buntu dan melekat pada usus. Kadang-kadang partikel makanan dapat tersesat ke sana, akibatnya apendiks meradang dan harus dibuang.

*Sumber : Pustaka Pengetahuan Modern Tubuh Manusia*

## Keterkinian

1. Catatlah kandungan gizi pada bermacam-macam susu formula untuk bayi, apakah perbedaan susu formula bayi dengan ASI?
2. Mengapa ASI lebih dianjurkan bagi bayi?
3. Kumpulkan laporanmu sebagai bahan portofolio!

## Rangkuman

1. Zat-zat yang terkandung dalam makanan: karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral.
2. Vitamin ialah senyawa kimia yang berada dalam makanan yang berperan penting untuk pertumbuhan dan kesehatan, karena dipakai untuk mengatur metabolisme dalam tubuh. Vitamin tidak memberikan tenaga (energi), dibutuhkan sedikit dan harus masuk bersama-sama makanan.
3. Mineral berfungsi sebagai penyusun tubuh, menjaga proses fisiologi tubuh dan mempercepat reaksi.
4. Alat-alat pencernaan pada manusia antara lain: rongga mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, anus.
5. Gangguan-gangguan pada sistem pencernaan antara lain: ulkus, parotitis, apendiksitis, sariawan, mega kolon, disflagia, kanker lambung, muntah, diare, konstipasi, peritonitis, kolik, gastritis.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Susunan gigi pada anak-anak yang betul adalah ....

   a.
   | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 |
   |---|---|---|---|---|---|
   | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 |

   b.
   | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
   |---|---|---|---|---|---|
   | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |

   c.
   | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|
   | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 |

   d.
   | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
   |---|---|---|---|---|---|---|---|
   | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |

2. Reagen Benedict digunakan untuk menguji adanya ....
   a. glukosa　　c. protein
   b. amilum　　d. lemak

3. Getah yang dikeluarkan oleh perut besar yang berguna untuk membunuh mikoorganisme adalah ....
   a. enzim ptialin　　c. enzim renin
   b. enzim pepsin　　d. enzim klorida

4. Bakteri pembusuk yang membantu pembusukan kotoran dan dapat menghasilkan vitamin K ditemukan di dalam ....
   a. usus dua belas jari　　c. usus besar
   b. usus halus　　d. lambung

5. Zat-zat makanan yang menghasilkan energi adalah ....
   a. karbohidrat dan vitamin
   b. karbohidrat dan mineral
   c. karbohidrat dan lemak
   d. lemak dan vitamin

6. Hasil akhir dari pencernaan protein adalah ....
   a. gliserol　　c. pepton
   b. asam amino　　d. glukosa

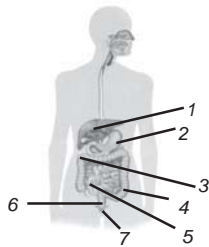
7. Makanan bergizi adalah makanan yang mengandung ....
   a. vitamin
   b. banyak protein
   c. karbohidrat, lemak, dan protein
   d. unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tubuh

8. Pencernaan secara mekanis karbohidrat dilakukan di ....
   a. mulut　　c. usus halus
   b. perut besar　　d. usus besar

9. Di bawah ini yang **bukan** fungsi sel dalam lambung adalah ....
   a. menyederhanakan protein
   b. merangsang produksi renin
   c. mengaktifkan pepsinogen
   d. membunuh mikroorganisme

10. Makanan yang tidak melalui pencernaan tetapi langsung diserap usus adalah ....
    a. karbohidrat dan lemak
    b. vitamin dan protein
    c. vitamin dan mineral
    d. protein dan lemak

11. Gangguan pencernaan karena infeksi bakteri mukosa adalah ....
    a. konstipasi　　c. ulkus peptikum
    b. malabsorpsi　　d. gastritis

12. Perhatikan gambar berikut!
    Hati, usus besar, dan anus ditunjukkan pada nomor ....
    a. 1, 3, 5
    b. 1, 4, 6
    c. 1, 3, 7
    d. 1, 4, 7

13. Jumlah gigi geraham orang dewasa adalah ....
    a. 2
    b. 4
    c. 8
    d. 12

14. Termasuk alat-alat pencernaan, **kecuali** ....
    a. kerongkongan
    b. lambung
    c. jantung
    d. mulut

15. Gastrisis merupakan kelainan saluran pencernaan pada ....
    a. kelenjar ludah
    b. susu buntu
    c. usus halus
    d. lambung

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Apa manfaat jonjot-jonjot usus?
2. Bagaimana susunan gigi pada anak-anak?
3. Sebutkan lima gangguan pada pencernaan!
4. Apa yang disebut empat sehat lima sempurna!
5. Sebutkan fungsi makanan dalam tubuh kita!

## Tugas Proyek

**Tujuan**: Mengetahui peranan air liur (ludah) dalam proses pencernaan makanan secara kimiawi.

**Alat dan bahan:**

1. 4 buah tabung reaksi
2. nasi
3. gula
4. air liur
5. air
6. larutan fehling
7. gelas beker
8. alat pemanas

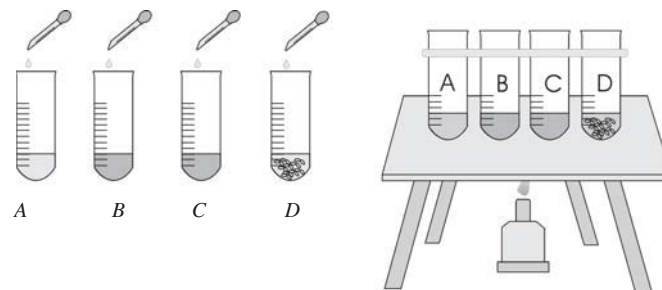
**Cara kerja**

1. Siapkan 4 buah tabung reaksi berukuran sama dan berilah tanda A, B, C, dan D.
2. Isilah tabung A dengan larutan gula 5% setinggi 2 cm.
3. Isilah tabung B dengan 20 butir nasi yang telah dihaluskan ditambah air setinggi 2 cm dan diaduk.
4. Isilah tabung C dengan 20 butir nasi yang dikunyah selama lebih kurang 5 menit dan ditambah air setinggi 2 cm.

5. Isilah tabung D dengan 20 butir nasi yang ditambah air liur setinggi 2 cm.
6. Tetesilah keempat tabung tersebut dengan larutan fehling, masing-masing 10 tetes!
7. Semua tabung dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi air, kemudian panaskan sampai $35^oC$!
8. Amati perubahan warna yang terjadi pada tabung-tabung tersebut dan tulislah pada tabel berikut!

| Tabung | Warna setelah ditetesi Fehling A dan B | |
|---|---|---|
| | Sebelum dipanaskan | Sesudah dipanaskan |
| A. | ........................................ | ........................................ |
| B. | ........................................ | ........................................ |
| C. | ........................................ | ........................................ |
| D. | ........................................ | ........................................ |

9. Bandingkan tabung B dan C! Mengapa hasilnya berbeda?
10. Bandingkan tabung B dan A! Bagaimana pendapatmu mengenai isi kedua tabung tersebut?
11. Buatlah kesimpulan dari nomor 10 dan 11!

A B C D

**Pertanyaan**

1. Enzim apakah yang terdapat dalam ludah? Apakah fungsi enzim tersebut?
2. Apakah enzim-enzim yang terdapat dalam alat pencernaan dan apa fungsinya? Masukkanlah jawabanmu dalam tabel berikut ini!

| No. | Nama Enzim | Fungsi |
|---|---|---|
| 1. | ........................................ | ........................................ |
| 2. | ........................................ | ........................................ |
| 3. | ........................................ | ........................................ |
| 4. | ........................................ | ........................................ |
| 5. | ........................................ | ........................................ |

Bab V

# Sistem Pernapasan pada Manusia dan Hubungannya dengan Kesehatan

## Tujuan Pembelajaran

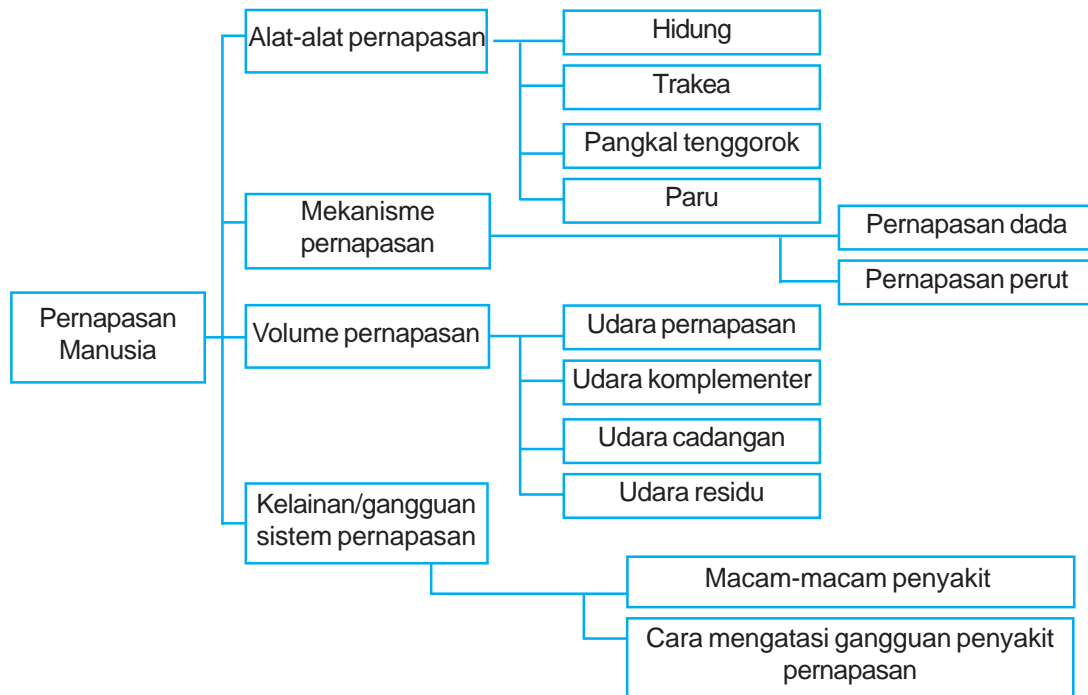
Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:

1. menyebutkan alat-alat pernapasan pada manusia.
2. menerangkan mekanisme pernapasan manusia.
3. menjelaskan dan memahami volume pernapasan pada manusia.
4. menyebutkan kelainan-kelainan pada pernapasan manusia.

**Sumber:** www. divinginialand.com

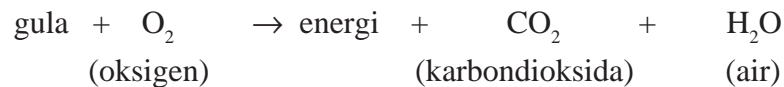
Setiap hari dan setiap saat manusia bernapas, baik dalam keadaan tidur maupun dalam keadaan sadar. Perhatikan gambar di atas. Penyelam selalu membawa tabung oksigen saat menyelam. Cobalah untuk menyelam dalam air selama mungkin tanpa alat bantu pernapasan. Mengapa kita tidak kuat lama-lama menyelam? Bagaimana proses respirasi pada manusia? Terdiri dari apa saja alat respirasi itu? Pelajari materi bab ini dengan seksama agar kamu lebih memahaminya.

## Peta Konsep

- Pernapasan Manusia
  - Alat-alat pernapasan
    - Hidung
    - Trakea
    - Pangkal tenggorok
    - Paru
  - Mekanisme pernapasan
    - Pernapasan dada
    - Pernapasan perut
  - Volume pernapasan
    - Udara pernapasan
    - Udara komplementer
    - Udara cadangan
    - Udara residu
  - Kelainan/gangguan sistem pernapasan
    - Macam-macam penyakit
    - Cara mengatasi gangguan penyakit pernapasan

## Kata Kunci

- respirasi
- pernapasan dada
- pernapasan perut
- udara pernapasan
- udara cadangan
- udara residu

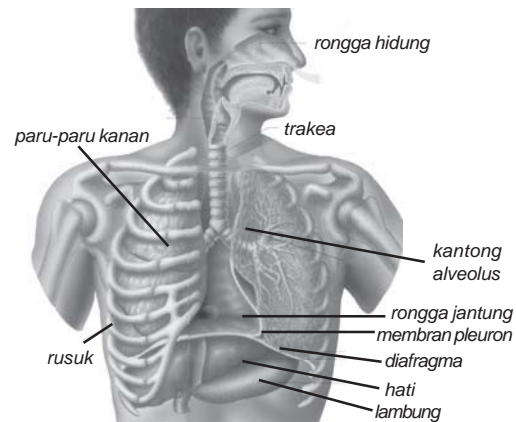
Salah satu ciri dari makhluk hidup adalah bernapas. Bernapas merupakan peristiwa menghirup oksigen dan melepaskan $CO_2$ dan uap air ($H_2O$). Oksigen diperlukan oleh tubuh untuk proses pembakaran atau oksidasi biologi. Dari proses bernapas dihasilkan energi, yang nanti digunakan untuk kegiatan hidupnya. Secara sederhana proses respirasi dapat dilihat reaksi seperti berikut.

$$\underset{}{\text{gula}} + \underset{(\text{oksigen})}{O_2} \rightarrow \text{energi} + \underset{(\text{karbondioksida})}{CO_2} + \underset{(\text{air})}{H_2O}$$

Semua makhluk hidup akan melakukan pernapasan terus-menerus dan tidak boleh berhenti selama hidupnya. Coba kuatkah kamu tidak bernapas selama 30 menit?

## A. Pernapasan/Respirasi pada Manusia

### 1. Alat-alat pernapasan pada manusia

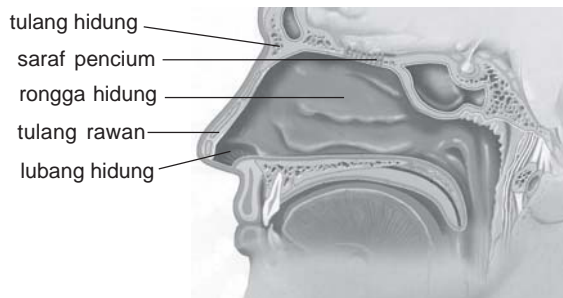
Setiap hari dan setiap saat manusia bernapas. Peristiwa tersebut terjadi tanpa kita sadari, baik dalam keadaan bangun maupun tidur. Kita baru sadar jika pernapasan kita terganggu misalnya pada saat flu atau merasakan sesak napas, sehingga kita sulit untuk bernapas. Jika kita sulit bernapas kepala akan pusing, dan kadang-kadang kita bantu dengan mulut untuk mengambil udara.

Adapun organ-organ yang berhubungan dengan pernapasan antara lain: rongga hidung (cavum nasi), pangkal tenggorok (laring), batang tenggorok (trakea), cabang batang tenggorok (bronkus), cabang bronkus (bronkulus), dan gelembung paru-paru (alveolus).



**Gambar 5.1** Sistem pernapasan manusia
**Sumber:** HDI Tubuh Manusia

#### *a. Rongga hidung (cavum nasi)*

Menghirup udara pernapasan melalui rongga hidung merupakan tindakan yang tepat sebab di dalam rongga hidung terdapat banyak rambut yang berfungsi sebagai penyaring udara. Jika udara pernapasan banyak tercampuri debu atau zat-zat asing dapat tersaring oleh rambut hidung tersebut. Dengan demikian zat-zat atau debu tidak masuk ke dalam paru-paru.

Dalam hidung juga terdapat selaput lendir yang disebut selaput mukosa hidung. Selaput ini selalu lembap dan memberikan kelembapan kepada udara yang terhirup. Oleh karena itu, udara pernapasan yang masuk ke dalam hidung akan menjadi lembap dan hangat karena mengalami penyesuaian suhu badan sebelum masuk ke dalam paru-paru.

**Gambar 5.2** Hidung dan struktur dalam rongga hidung
**Sumber:** Kamus Visual

## b. *Batang tenggorok (trakea)*

Batang tenggorok tidak sama dengan kerongkongan (esofagus). Meskipun dua istilah ini merupakan alat tubuh yang berada di dalam leher, tetapi keduanya memiliki fungsi yang berbeda, pada ujung batang tenggorok terdapat bagian yang disebut anak tekak atau epiglotis. Alat ini merupakan katub pembatas antara saluran pernapasan atau trakea dengan saluran makanan atau kerongkongan. Letaknya tepat di pangkal rongga mulut. Alat ini akan menutup saluran pencernaan (kerongkongan) pada saat kita menghirup udara pernapasan dan akan menutup saluran pernapasan saat kita menelan makanan.

Batang tenggorok atau trakea merupakan saluran pernapasan yang memanjang dari pangkal rongga mulut sampai dengan rongga dada. Trakea menghubungkan rongga hidung maupun rongga mulut dengan paru-paru. Oleh karena itu, selain melalui hidung, udara pernapasan dapat juga diambil melalui mulut.

Batang tenggorok selalu dalam keadaan terbuka sehingga proses pernapasan dapat dilakukan setiap saat. Dinding batang tenggorok merupakan gelang-gelang yang tersusun dari tulang rawan. Bagian dalam dinding batang tenggorok dilapisi selaput lendir yang memiliki sel-sel rambut getar. Rambut getar ini berfungsi untuk mengeluarkan kotoran yang masuk bersama udara pernapasan. Apabila udara yang masuk kotor dan tidak dapat dikeluarkan seluruhnya serta mengandung bakteri atau virus, maka akan mengakibatkan infeksi atau radang tenggorokan yang sangat mengganggu jalannya pernapasan.

Batang tenggorok bercabang ke kanan dan ke kiri, masing-masing cabang bermuara di paru-paru, cabang tenggorok tersebut disebut bronkus. Apabila bronkus terkena radang, maka timbul penyakit yang disebut bronkitis (radang bronkus). Bronkitis mengakibatkan terjadinya penyempitan bronkus sehingga pernapasan menjadi terganggu. Pada umumnya kejadian ini erat hubungannya dengan udara di sekitar penderita. Udara yang terlalu lembap atau dingin kemungkinan besar semakin memperparah bronkitis. Bronkitis dapat juga terjadi karena tubuh terlalu lelah atau karena alergi terhadap sesuatu hal, misalnya alergi terhadap makanan atau suhu udara, kondisi emosi atau perasaan hati seseorang juga dapat menyebabkan timbulnya gejala bronkitis.

Langkah terbaik untuk menghindarkan diri dari penyakit bronkitis adalah dengan cara hidup sehat, menjauhi asap rokok (tidak merokok), tidak terlalu sering keluar malam, olahraga yang teratur terutama jalan kaki atau bersepeda, serta menjaga keseimbangan antara bekerja atau beraktivitas dengan istirahat.

### c. Pangkal tenggorok

Apabila kita perhatikan bagian leher pada orang laki-laki dewasa, akan tampak adanya tonjolan yang disebut jakun. Sebenarnya jakun tidak hanya dimiliki oleh laki-laki saja, wanita pun juga memilikinya, hanya saja jakun pada wanita tidak menonjol seperti pada laki-laki. Jakun tersebut tersusun dari kutub pangkal tenggorok, perisai tulang rawan, serta gelang-gelang tulang rawan. Di dalam jakun terdapat pita suara yang selalu bergetar apabila kita bersuara.

### d. Paru-paru (pulmo)

Paru-paru merupakan pusat dari proses pernapasan. Di dalam paru-paru terjadi peristiwa pertukaran gas antara gas $O_2$ dari luar dengan gas $CO_2$ dan gas $H_2O$ (uap air) yang berasal dari dalam darah sebagai sisa proses oksidasi biologis.

Paru-paru terletak di dalam rongga dada dan terdiri dari dua bagian, yaitu paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Paru-paru kanan memiliki tiga gelambir atau tiga lobus, sedangkan paru-paru kiri hanya memiliki dua gelambir. Paru-paru kanan dan paru-paru kiri terbungkus oleh selaput paru-paru yang sering disebut *pleura*. Di bagian bawah paru-paru terdapat otot diafragma atau sekat rongga badan yang membatasi antara rongga dada di bagian atas dan rongga perut di bawahnya.

**Gambar 5.3** Sekelompok alveolus yang diselaputi pembuluh kapiler
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 8

Selain sebagai pembatas, otot diafragma berperan aktif dalam proses pernapasan. Di dalam paru-paru, cabang tenggorok (bronkus) bercabang-cabang dalam jumlah yang cukup banyak. Cabang bronkus ini disebut bronkiolus. Pada masing-masing bronkiolus terdapat gelembung-gelembung halus mirip buah anggur yang berisi udara dan dinamakan gelembung paru-paru atau alveolus. Di dalam paru-paru terdapat banyak sekali alveolus, kira-kira mencapai 300.000.000 alveolus dengan luas permukaan seluruhnya apabila direntangkan sekitar 80 meter persegi.

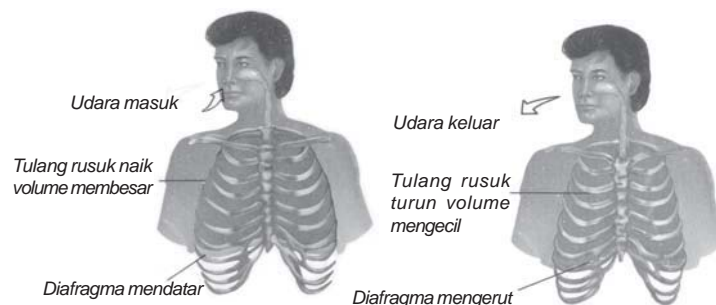
Alveolus penuh dengan pembuluh kapiler darah yang membentuk jaring-jaring. Melalui kapiler-kapiler darah, terjadi proses pertukaran gas dari gas $O_2$ dan $CO_2$ dan gas $H_2O$. Gas $O_2$ berdifusi masuk dalam sel darah merah (bersenyawa dengan hemoglobin), sedangkan dari

dalam sel darah merah dilepaskan gas asam arang atau $CO_2$ serta uap air atau $H_2O$ yang kemudian dilepas melalui saluran pernapasan (hidung). Gas $O_2$ yang telah diikat oleh hemoglobin dalam sel darah merah ini kemudian diedarkan ke seluruh tubuh.

## 2. Mekanisme pernapasan

Jika kita menarik napas dan menyimpan di dalam dada, dada akan mengembang. Demikian pula jika kita menarik napas dan menyimpan di dalam perut, perut pun akan mengembang dan mengempis lagi setelah napas dihembuskan. Apabila kita bernapas dan rongga dada membesar berarti kita melakukan pernapasan dada. Demikian pula jika kita bernapas dan perut yang membesar, berarti kita melakukan pernapasan perut. Bagaimana proses pernapasan dada dan perut tersebut? Perhatikan uraian berikut.

### a. *Pernapasan dada*

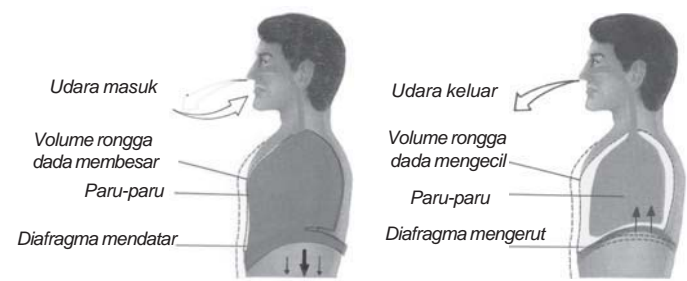
Pada pernapasan dada, gerakan pernapasan dilakukan oleh tulang-tulang rusuk. Tulang ini bergerak karena otot yang terdapat di antara tulang rusuk berkontraksi atau mengkerut sehingga tulang-tulang rusuk terangkat ke atas dan rongga dada menjadi lebih besar. Tekanan udara di dalam tubuh lebih kecil jika dibanding dengan tekanan di luar tubuh, akhirnya udara dari luar masuk ke dalam paru-paru melalui hidung. Jika otot-otot di antara tulang-tulang rusuk mengendor, maka tulang-tulang rusuk kembali kepada posisi semula sehingga rongga dada menjadi kecil, tekanan udara besar dan mengakibatkan udara dalam paru-paru terdorong keluar melalui hidung.



**Gambar 5.4** Pernapasan dada
**Sumber:** Biologi SMA 2 Transvisi

### b. *Pernapasan perut*

Pada pernapasan perut, gerakan pernapasan dilakukan oleh sekat rongga badan. Sekat rongga badan ini disebut juga diafragma. Diafragma pada saat mengendor berkedudukan melengkung ke atas. Hal ini menyebabkan rongga dada menjadi lebih sempit dan udara dalam paru-paru tertekan keluar melalui hidung.

Jika diafragma berkontraksi maka kedudukan diafragma mendatar dan menyebabkan paru-paru turun ke bawah, volume paru-paru menjadi lebih besar serta tekanan udaranya

lebih kecil dibandingkan dengan tekanan di luar tubuh, maka udara dapat masuk ke dalam paru-paru. Pada saat mengambil napas disebut waktu inspirasi, sedangkan pada waktu mengeluarkan napas disebut ekspirasi.



**Gambar 5.5** Pernapasan perut
**Sumber:** Biologi SMA 2 Transvisi

Kedua pernapasan di atas berjalan bersama-sama. Hanya saja setiap manusia mempunyai kecenderungan yang berbeda-beda.

## 3. Volume pernapasan

Pada saat istirahat, kita melakukan pernapasan biasa sehingga udara yang diambil dan dikeluarkan hanya sekitar 0,5 liter. Tetapi jika kita menarik napas sekuat tenaga, udara yang masuk lebih kurang 4 liter dan jika kita embuskan napas kuat-kuat, udara yang keluar juga lebih kurang 4 liter. Udara yang diisap dan yang dikeluarkan sebanyak 4 liter tersebut dinamakan kapasitas vital paru-paru. Di dalam paru-paru udara masih tetap tinggal 1 liter. Udara yang tetap tertinggal dalam paru-paru disebut udara residu. Jika kapasitas vital paru-paru 4 liter dan udara reside 1 liter, maka kapasitas total paru-paru lebih kurang 5 liter.

Berdasarkan volume pernapasan tersebut, kita mengenal empat macam udara di dalam paru-paru, yaitu udara pernapasan, udara komplementer, udara cadangan, dan udara residu. Udara pernapasan adalah udara yang masuk dan keluar selama pernapasan biasa (pada saat istirahat/tidur) sebanyak 0,5 liter. Udara komplementer adalah udara sebanyak 1 liter yang tidak diembuskan, yang selalu tetap ada dan mengisi alat pernapasan. Udara cadangan adalah udara sebanyak lebih kurang 2 liter yang dapat kita embuskan lagi setelah mengembuskan napas pada pernapasan biasa.

**Tabel 5.1 Volume udara dalam paru-paru**

| Jenis Udara | Volume Udara |
|---|---|
| Udara pernapasan | 0,5 liter |
| Udara komplementer | 1,5 liter |
| Udara cadangan | 2 liter |
| Udara residu | 1 liter |

**Tabel 5.2 Perbandingan jumlah udara luar, sebelum dan sesudah pernapasan berlangsung**

| Perbandingan Udara | Gas Nitrogen ($N_2$) | Oksigen ($O_2$) | Asam Arang ($CO_2$) |
|---|---|---|---|
| Udara luar sebelum masuk ke paru-paru | 79,0 % | 20,9 % | 0,03 % |
| Udara yang keluar dari paru-paru | 79,8 % | 14,6 % | 5,6 % |

## B. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Pernapasan

Alat pernapasan dapat mengalami gangguan baik dari penyakit maupun gangguan lain, dan jika ini berlarut-larut akan menyebabkan kematian, misalnya:

1. TBC (*Tuberculosis)*, penyakit paru-paru ini disebabkan oleh bakteri yang bernama *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri yang merusakkan gelembung-gelembung udara (alveolus) sehingga peradangan tersebut menyebabkan pecahnya alveolus. Akhirnya paru-paru tidak mampu mengikat oksigen, napas menjadi susah dan tubuh kekurangan oksigen dan menyebabkan kematian.
2. Asma, adalah suatu gangguan dari saluran pernapasan akibat alergi terhadap debu, bulu, rambut, dan tekanan psikologis, sehingga saluran pernapasan menjadi sempit dan susah bernapas. Jika tidak segera ditolong akan menyebabkan kematian. Asma merupakan penyakit menurun.
3. Adenoid (wajah menunjukkan kesan bodoh), kelainan ini merupakan penyempitan saluran pernapasan karena tersumbat oleh kelenjar limfa atau polio yang membengkak. Pembengkakan di tekak atau amandel.
4. Bronkitis, adalah peradangan pada cabang tenggorok karena infeksi penyakit.
5. Pleuritis, adalah infeksi pada selaput paru-paru.
6. Kanker paru-paru, merupakan penyakit paru-paru yang menjalar ke seluruh tubuh sehingga pertukaran gas pada gelembung paru-paru terganggu. Paru-paru tidak berfungsi lagi sehingga menyebabkan kematian. Penyakit ini 75% disebabkan oleh kebiasaan merokok, dan sebab lain seperti polusi udara (menghirup debu, atau zat kimia lain).
7. Pneumonia, adalah penyakit yang menyerang alveolus. Hal ini disebabkan oleh sejenis virus atau bakteri, sehingga terjadi radang paru-paru.

8. Asidosis, adalah gangguan pernapasan di mana ada kenaikan kadar asam karbonat dan asam bikarbonat dalam darah.
9. Difteri terjadi karena infeksi dari kuman difteri sehingga rongga faring maupun laring tersumbat lendir.
10. Sinusitis, merupakan radang pada sinus sehingga terkumpul nanah. Hal ini harus dibuang melalui operasi. Sinus terletak pada pipi di kanan kiri batang hidung.
11. Rinitis, adalah radang rongga hidung karena virus atau cuaca.
12. Faringitis, adalah radang tenggorokan karena infeksi dari bakteri *Streptococcus*.
13. Laringitis, adalah radang pada laring sehingga tidak dapat bicara (suara hilang), mungkin karena banyak merokok, minum alkohol, berteriak-teriak, atau banyak bicara.

Untuk mengatasi gangguan pada sistem pernapasan dilakukan upaya-upaya sebagai berikut.

1. Olahraga yang teratur untuk memperlancar peredaran darah. Dengan demikian kotoran baik yang ada pada sistem pernapasan maupun yang ada dalam tubuh dapat keluar dengan lancar.
2. Hindari polusi udara dengan memakai masker terutama di perjalanan sehingga debu dan sebagainya tidak ikut masuk ke paru-paru.
3. Jika lingkungan tempat tinggal kita, di lingkungan sekolah, atau lingkungan tempat kerja banyak kemungkinan ada polusi udara, maka pada hari-hari tertentu sebaiknya ke tempat yang sepi dari keramaian (ke pegunungan/tempat rekreasi) yang udaranya masih segar misalnya kita pergi ke pegunungan.
4. Anak-anak balita diberi vaksin BCG agar tidak terserang penyakit TBC.
5. Membersihkan rumah dari debu-debu yang menempel di ruangan kamar dan seluruh isi rumah agar tidak tersedot masuk ke dalam paru-paru.
6. Diadakan penghijauan di rumah masing-masing untuk mengantisipasi debu dan kebutuhan mengenai gas oksigen.
7. Jangan minum-minuman keras yang beralkohol. Alkohol menyebabkan kekeringan sistem pernapasan sehingga mudah ditempeli bakteri.
8. Banyak minum vitamin, terutama vitamin C, untuk mencegah infeksi dari penyakit (meningkatkan kekebalan tubuh)
9. Jangan merokok, karena dapat menyebabkan kanker paru-paru.
10. Jauhi penderita penyakit pernapasan agar tidak tertular.

**Gambar 5.6** Udara yang segar baik untuk pernapasan
**Sumber:** www.google.com/images

## Kecakapan Personal

Gambar dan sebutkan bagian-bagian dari sistem pernapasan pada manusia!

## Rangkuman

1. Alat pernapasan pada manusia antara lain: hidung, tenggorok (trakea), percabangan (bifurcatio), bronkus, bronkiolus, alveolus.
2. Menurut mekanismenya pernapasan ada dua: pernapasan dada, pernapasan perut.
3. Volume udara dalam paru-paru antara lain: volume udara pernapasan, volume udara komplementer, volume udara cadangan, volume udara residu.
4. Kelainan atau penyakit pada pernapasan kita antara lain: TBC, asma, adenoid, bronkitis, kanker, pneumonia, asidosis, rinitis, dan lain-lain.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Pernapasan dada merupakan pernapasan yang memanfaatkan kontraksi otot ....
   a. di antara tulang rusuk
   b. rongga mulut dan hidung
   c. diafragma
   d. batang tenggorok

2. Gas-gas di udara yang penting dalam proses pernapasan adalah ....
   a. oksigen
   b. karbon dioksida
   c. nitrogen
   d. karbon monoksida

3. Perhatikan gambar di bawah!

   Trakea, bronkus, bronkiolus, esofagus berturut-turut ditunjukkan pada nomor ....
   a. 1,3, 5, 2
   b. 2, 4, 5, 7
   c. 3, 4, 5, 2
   d. 4, 6, 7, 2

4. Di bawah ini yang merupakan proses oksidasi biologis adalah ....
   a. zat makanan + $O_2$ + energi → gas $CO_2$ + uap air
   b. zat makanan + $H_2O$ → energi $CO_2$
   c. zat makanan + $O_2$ → CO2 + $H_2O$ + energi
   d. zat makanan + $CO_2$ + energi → $H_2O$ + $O_2$

5. Di bawah ini yang dimaksud dengan pleura adalah ....
   a. pelindung paru-paru
   b. cabang batang tenggorok
   c. pangkal tenggorok
   d. tempat difusi oksigen

6. Di bawah ini alat pernapasan yang banyak memiliki kapiler darah adalah ....
   a. alveolus
   b. bronkus
   c. trakea
   d. alveolus

7. Kapasitas vital paru-paru manusia sebanyak ... liter.
   a. setengah liter
   b. dua liter
   c. empat liter
   d. lima liter

8. Kapasitas total paru-paru manusia kira-kira sebanyak ....
   a. 3 liter
   b. 4 liter
   c. 5 liter
   d. 6,5 liter
9. Saat menghirup udara pernapasan diafragma berada dalam posisi ....
   a. mendatar
   b. membelok
   c. melengkung ke dalam
   d. berkerut
10. Perbedaan paru-paru kiri dan kanan adalah ....
    a. paru-paru kanan memiliki tiga gelambir, paru-paru kiri memiliki dua gelambir
    b. paru-paru kanan lebih besar, paru-paru kiri lebih kecil
    c. paru-paru kanan untuk mengikat $O_2$, paru-paru kiri untuk mengeluarkan gas $CO_2$
    d. paru-paru kanan lebih kuat dibanding paru-paru kiri

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Sebutkan urutan jalannya pernapasan pada manusia!
2. Terangkan mengenai pernapasan dada dan pernapasan perut!
3. Apa yang disebut udara komplementer?
4. Apa yang disebut volume udara komplementer?
5. Terangkan apa yang disebut pernapasan?

**Tujuan**: Membuktikan bahwa udara yang diembuskan mengandung banyak gas $CO_2$, sedangkan udara yang diisap sedikit $CO_2$.

**Alat dan bahan:**

1. tabung erlenmeyer dua buah
2. dua tutup gabus yang berlubang dua
3. pipa kaca bengkok panjang dua buah
4. pipa kaca bengkok pendek dua buah
5. air kapur

**Cara kerja**

1. Susunlah alat dan bahan seperti pada gambar di samping!
2. Pada tabung erlenmeyer A, embuskan udara pernapasan melalui pipa kaca a selama ½ menit! Pada tabung erlenmeyer B isaplah udara melalui pipa b selama ½ menit1
3. Bandingkan keadaan air kapur pada tabung erlenmeyer A dan B! Mana yang lebih keruh? Mengapa?

Bab VI

# Sistem Peredaran Darah pada Manusia dan Hubungannya dengan Kesehatan

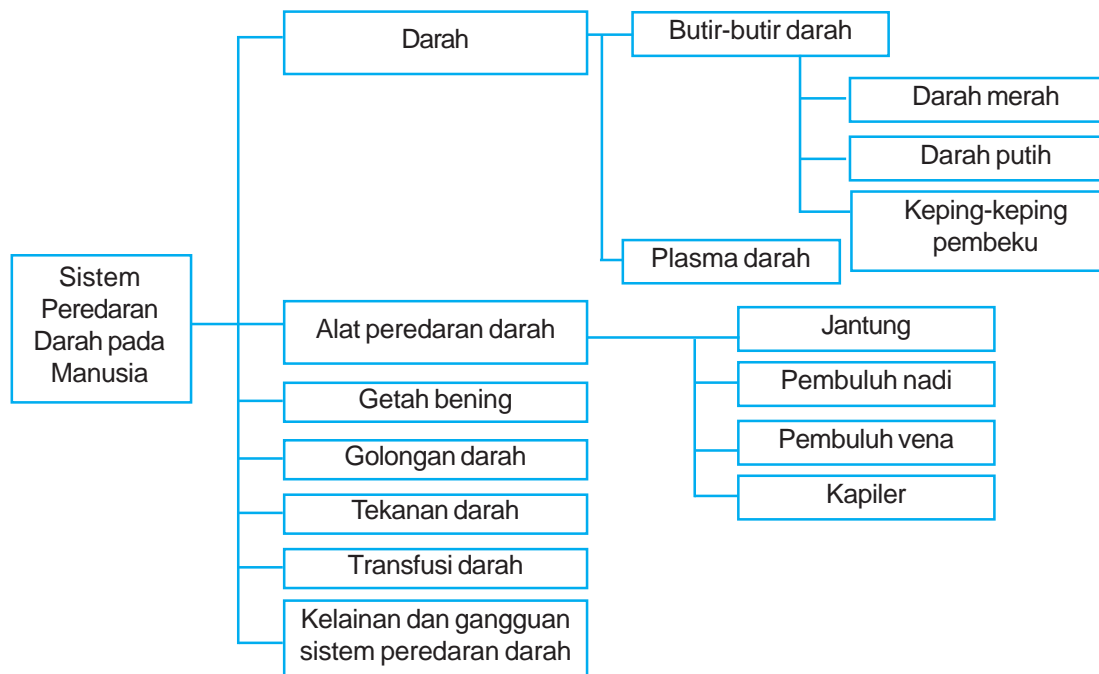
## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:
1. memahami susunan darah pada manusia.
2. menyebutkan alat-alat peredaran darah.
3. menyebutkan arti getah bening.
4. memahami dan mengerti penggolongan darah.
5. menjelaskan cara mengukur tekanan darah.
6. menyebutkan proses transfusi darah.
7. menyebutkan kelainan dan gangguan peredaran darah.

**Sumber:** www.tni-au.mil.id

Pernahkah kamu melakukan transfusi darah? Transfusi darah adalah mengambil darah dari seseorang kemudian dimasukkan ke dalam tubuh orang lain yang kekurangan darah. Mengapa sebelum dilakukan transfusi darah dilakukan pengecekan dahulu golongan darahnya? Untuk lebih memahami tentang sistem peredaran darah manusia, pelajari materi ini dengan seksama.

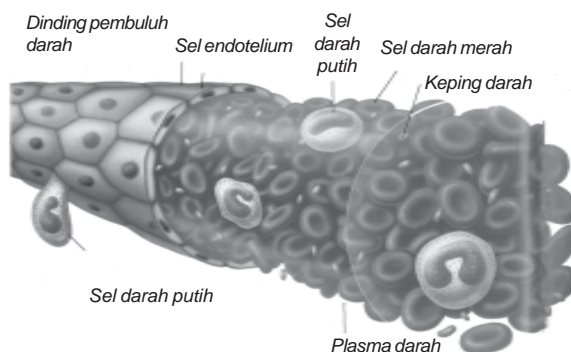
## Peta Konsep

- Sistem Peredaran Darah pada Manusia
  - Darah
    - Butir-butir darah
      - Darah merah
      - Darah putih
      - Keping-keping pembeku
    - Plasma darah
  - Alat peredaran darah
    - Jantung
    - Pembuluh nadi
    - Pembuluh vena
    - Kapiler
  - Getah bening
  - Golongan darah
  - Tekanan darah
  - Transfusi darah
  - Kelainan dan gangguan sistem peredaran darah

## Kata Kunci

- golongan darah
- transfusi darah
- tekanan darah
- peredaran darah
- gangguan peredaran darah

Tubuh manusia tersusun dari banyak sel. Sel merupakan makhluk hidup terkecil, yang membutuhkan makanan, bernapas, dan zat-zat lain, agar sel-sel tersebut dapat tumbuh dan berkembang. Dari mana sel mendapat makanan? Sel mendapatkan makanan dari darah yang membawa makanan melalui pembuluh darah yang ada tersebar di seluruh tubuh. Bagaimana darah dapat sampai ke sel-sel tubuh? Nah, inilah yang akan kita bahas pada bab ini.

## A. Darah

Darah merupakan jaringan tubuh dalam bentuk cairan berwarna merah. Warna darah manusia yaitu antara warna merah cemerlang hingga merah kebiruan. Pada umumnya, tubuh manusia dewasa berisi empat sampai lima liter darah. Darah merupakan zat yang paling berharga bagi kelangsungan hidup seseorang karena mempunyai banyak fungsi, antara lain sebagai alat pengangkutan, pertahanan tubuh, dan pengatur suhu badan agar senantiasa tetap normal.



**Gambar 6.1** Sel-sel darah manusia
**Sumber:** HDI Ilmu Time-Life, Tubuh Manusia

Sebagai alat pengangkutan di dalam tubuh kita, darah bertugas mengangkut oksigen, sari-sari makanan, hormon, dan zat-zat yang terlarut di dalamnya. Selain itu, darah juga mengangkut zat-zat sisa metabolisme dari dalam tubuh yang sudah tidak diperlukan lagi misalnya, urea, gas $CO_2$, dan sisa proses oksidasi biologis. Karbondioksida ($CO_2$) diangkut oleh darah dari sel-sel tubuh untuk dibuang melalui saluran pernapasan.

Darah juga merupakan alat pertahanan tubuh terhadap serangan kuman penyakit. Secara alamiah sel darah putih yang merupakan bagian dari darah memiliki sifat *fagosit*, yaitu memangsa benda asing dan kuman-kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh.

Selain itu, proses pembekuan darah yang terjadi pada saat terjadi luka, merupakan kegiatan darah untuk mencegahnya dari infeksi kuman. Dengan adanya pembekuan darah, luka dapat tertutup secara alamiah dan menghalangi terjadinya infeksi melalui luka tersebut.

Darah memiliki kemampuan untuk membentuk zat antibodi atau zat yang melawan kuman yang dapat menimbulkan kekebalan terhadap kuman penyakit. Misalnya, anak yang sembuh dari penyakit cacar, akan kebal terhadap serangan cacar berikutnya. Hal ini dapat terjadi karena di dalam tubuh telah terbentuk zat antibodi terhadap kuman cacar tersebut pada saat terkena penyakit cacar.

Darah juga berfungsi mengedarkan panas ke seluruh tubuh. Hal ini dapat kita rasakan pada saat udara dingin. Jika udara dingin badan kita menggigil, hal ini akibat adanya kontraksi

otot dengan tujuan untuk menghasilkan panas. Jika udara panas, darah akan menuju ke kulit untuk mengeluarkan panas dari tubuh dalam bentuk keringat, dengan keluarnya keringat maka suhu tubuh kembali normal.

Darah manusia terdiri dari dua bagian, yaitu sel-sel darah dan plasma darah. Sel darah merupakan bagian yang padat, sedangkan plasma darah merupakan bagian yang cair.

## 1. Bagian-bagian darah

### a. Sel-sel darah

Sel-sel darah terdiri dari sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan keping-keping darah (*trombosit*). Setiap jenis sel darah tersebut mempunyai perbedaan sifat, bentuk, dan fungsi, namun ketiganya menyatu dalam bagian darah. Keadaan sel-sel darah memengaruhi kesehatan seseorang. Beberapa penyakit dapat didiagnosis oleh adanya perubahan dalam jumlah, bentuk, dan ukuran dari bermacam-macam sel darah.

#### 1) Sel darah merah

Pada saat manusia masih berbentuk janin sebagian besar sel-sel darah dibentuk di limfa (kura). Setelah dewasa pembentukan sel-sel darah merah terjadi di sumsum merah tulang pipih. Di dalam tubuh, sel darah merah dapat hidup dan berfungsi dengan baik selama lebih kurang 120 hari (tiga bulan). Setelah itu sel darah merah akan rusak atau mati dan dibawa ke hati untuk dirombak menjadi zat warna empedu (*bilirubin*). Sedangkan zat besi hasil perombakan *hemoglobin* digunakan lagi untuk membentuk sel darah merah yang baru.

**Gambar 6.2** Sel-sel darah merah
**Sumber:** HDI Ilmu Time-Life, Tubuh Manusia

Pada awal terbentuknya, sel darah merah memiliki inti. Namun, inti sel tersebut hilang setelah sel darah merah matang. Sel darah merah yang matang memiliki susunan kerangka yang disebut *stroma* yang terdiri atas protein dan zat-zat lemak. Sel-sel darah merah ini membentuk jaring-jaring yang memanjang ke dalam sel sehingga memberi bentuk sel dan kekenyalannya. Sel darah merah bentuknya bulat pipih atau *bikonkaf* yang artinya cekung di bagian tengah dan tidak mempunyai inti.

Setiap 1 $mm^3$ darah terdapat kira-kira 5 juta sel darah merah. Sel darah merah mengandung zat yang disebut *hemoglobin* atau Hb. Hemoglobin adalah protein yang mengandung senyawa besi, yaitu *hemin*. Hemoglobin mempunyai daya ikat terhadap $O_2$ sehingga berwarna merah dan terhadap $CO_2$ sehingga darah berwarna kebiru-biruan. Darah yang berwarna merah jernih berarti

**Info Sains**

Keajaiban 5 Liter Darah

Tubuh seseorang dewasa memuat 5 liter darah, beredar melalui pembuluh darah sepanjang lebih dari 100.000 km. Setiap satu sentimeter kubik darah berisi 5.500.000.000 sel darah merah.

*Sumber : Pustaka Pengetahuan Modern, Tubuh Manusia*

mengandung $O_2$, sedangkan jika berwarna merah kebiruan mengandung $CO_2$. Hemoglobin berada di dalam sel darah merah, maka sel darah merah berwarna merah pula. Oleh karena itu, apabila kita kekurangan darah, wajah kita akan tampak pucat. Penyakit yang disebabkan oleh kekurangan darah disebut *anemia*.

Dalam peredarannya, setelah sel-sel darah merah sampai di paru-paru (gelembung paru-paru) akan mengikat gas oksigen ($O_2$) dan melepaskan gas karbon dioksida ($CO_2$) bersama uap air ke dalam gelembung-gelembung paru-paru. Jadi, pada dinding gelembung paru-paru yang mempunyai kapiler-kapiler darah ini terjadi pertukaran gas. Sel-sel darah yang mengikat gas $O_2$ akan berwarna merah jernih atau disebut darah bersih. Darah bersih (banyak mengandung $O_2$) dari paru-paru dikirim ke jantung untuk diedarkan ke seluruh jaringan tubuh. Setelah sampai pada jaringan tubuh, sel-sel darah melepaskan gas oksigen dan menangkap gas karbon dioksida serta air yang dikeluarkan oleh sel-sel jaringan hasil metabolisme. Sel-sel darah yang mengikat gas karbon dioksida dan air ini menyebabkan darah menjadi kotor (darah kotor) dan berwarna merah kebiruan.

Darah kotor adalah darah yang mengandung sedikit oksigen dan kaya karbon dioksida. Oleh karena itu darah yang kaya karbon dioksida tersebut melepaskannya ke dalam paru-paru, tepatnya pada *alveolus* untuk diganti dengan oksigen dari udara luar yang masuk melalui saluran pernapasan dan gas karbon dioksida bersama-sama air dihembuskan keluar dari paru-paru keluar tubuh melalui hidung. Orang-orang yang hidupnya di daerah pegunungan atau dataran tinggi mempunyai jumlah sel darah merah yang lebih banyak daripada orang yang tinggal di dataran rendah. Hal ini disebabkan di dataran tinggi atau di pegunungan kadar oksigennya lebih sedikit, sehingga tubuh terpacu untuk memproduksi sel-sel darah merah, agar kemampuan untuk mengikat oksigen yang kadarnya sedikit tersebut dapat lebih besar. Hal ini merupakan adaptasi dari tubuh terhadap lingkungan sekitarnya.

### 2) Sel darah putih (leukosit)

Sel darah putih jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan sel darah merah tetapi sel darah putih memiliki ukuran yang lebih besar, bentuknya tidak teratur, mempunyai inti, dan dapat bergerak aktif secara *amoeboid* (seperti *Amoeba*). Jumlah sel darah putih tiap 1 $mm^3$ kira-kira 8.000 sampai 9.000 sel. Sel darah putih dibuat di sumsum tulang merah, limpa, kelenjar-kelenjar limfa, dan sistem jaringan *retikulo endotik*. Sel darah putih dapat berumur sekitar 12 - 13 hari.

**Gambar 6.3** Sel darah putih
**Sumber:** HDI Ilmu Time-Life, Tubuh Manusia

Berdasarkan kondisi inti dan granula (butiran) di dalam sitoplasma, sel darah putih dapat dibedakan menjadi:

a. *Eosinofil*, mempunyai granula berwarna merah.

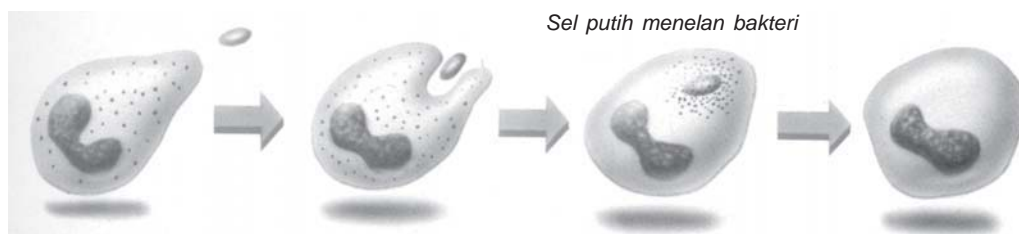
b. *Basofil*, mempunyai granula biru

c. *Netrofil*, mempunyai inti yang bentuknya seperti batang, bengkok, dan bercabang-cabang.

d. *Monosit*, mempunyai inti bulat atau bulat panjang.

e. *Limfosit*, mempunyai ukuran paling kecil (sedikit lebih besar dari sel darah merah)

Sifat sel darah putih adalah *fagosit*, artinya pemakan mangsa. Jumlah sel darah putih dapat mencapai 20.000 tiap 1 $mm^3$. Hal ini dapat terjadi karena infeksi cacing atau radang paru-paru.

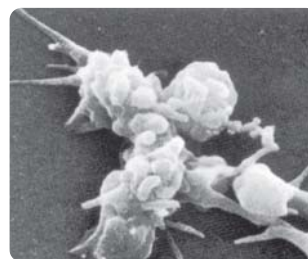
Di samping itu, sel darah putih dapat berkurang menjadi 3.000 per $mm^3$, misalnya karena terserang penyakit tifus. Jika jumlah sel darah putih melebihi normal disebut *leukositosis*, tetapi jika kurang dari normal disebut *leukopeni*. Pada penderita kanker darah (*leukemia*), produksi sel darah putih tidak terkendali sehingga jumlah sel darah putih melebihi normal (*leukositosis*). Dengan adanya sifat fagosit dari sel darah putih akan menyebabkan tubuh kekurangan sel darah merah. Jika kondisi tubuh mengalami leukositosis terus-menerus, maka dapat terjadi kematian karena kehabisan sel darah merah.


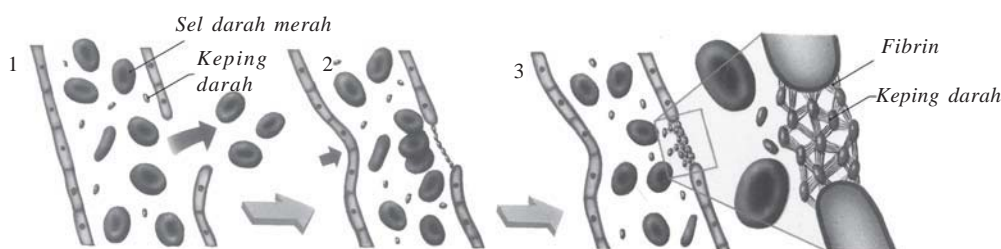

**Gambar 6.4** Sel darah putih yang bersifat fagosit
**Sumber:** HDI Ilmu Time-Life, Tubuh Manusia

Jika terjadi luka dan bakteri berada di tempat tersebut, maka sel darah putih yang berada di dalam pembuluh darah akan menembus dinding pembuluh kemudian bergerak menuju mangsanya. Kemampuan sel darah putih menembus dinding pembuluh-pembuluh darah disebut *diapedesis*.

Apabila sel darah putih mati karena tugasnya, maka akan timbul nanah. Jadi, nanah merupakan campuran dari sel darah putih yang mati, bakteri, dan sel-sel lain yang rusak. Jenis sel darah putih ada yang mampu menghasilkan zat antibodi (zat penolak) sehingga penting peranannya dalam membunuh bakteri dan benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

### 3) Trombosit (keping-keping darah)

Trombosit atau keping darah mempunyai bentuk cakram kecil bulat atau oval. Ukurannya lebih kecil dari ukuran sel darah merah dan tidak berinti. Trombosit dibuat di dalam sumsum tulang yang disebut *megakariosit*. Trombosit orang dewasa berjumlah lebih kurang 200.000 sampai 500.000 untuk setiap $mm^3$ darah.

**Gambar 6.5** Keping-keping darah
**Sumber:** HDI Time-Life, Tubuh Manusia

Trombosit berperan dalam proses pembekuan darah. Apabila tubuh terluka, darah akan keluar, bersamaan dengan itu trombosit ikut keluar dan menyentuh dinding bekas luka yang kasar. Trombosit pecah dan keluarlah enzim *tromboplastin* atau *trombokinase*. Enzim ini kemudian bercampur dengan plasma darah yang mengandung *protrombin*. Protrombin yang terkena enzim trombokinase akan berubah menjadi trombin. Trombin yang aktif ini bersama-sama ion kalsium yang ada dalam plasma akan mengubah fibrinogen dalam plasma menjadi benang-benang fibrin yang dapat mencegah keluarnya darah, darah membeku dan luka tertutup.

**Gambar 6.6** Trombosit berperan dalam pembekuan darah
**Sumber:** HDI Time-Life, Tubuh Manusia

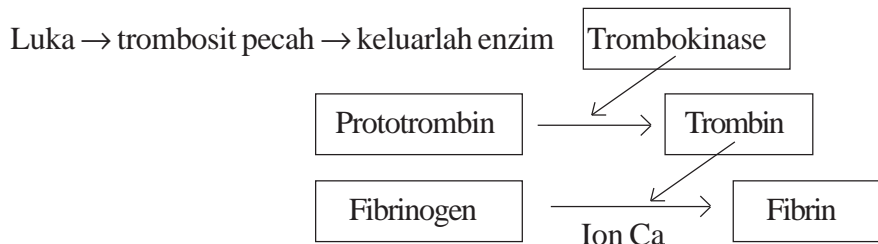
*Keterangan:*

a. Trombosit berkumpul di tempat pembuluh darah yang terluka dan sel darah merah mengalir ke luar.
b. Trombosit kemudian membentuk tutup pada lubang luka. Trombosit mengeluarkan zat kimia yang mengubah *fibrinogen* menjadi *fibrin*.
c. Fibrin membentuk serat mirip jarum yang berjalinan dan menangkap trombosit serta sel darah lainnya sehingga menciptakan gumpalan dan luka tertutup.

Skema proses pembekuan darah

Luka → trombosit pecah → keluarlah enzim Trombokinase

Prototrombin → Trombin

Fibrinogen → Fibrin
Ion Ca

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan mengenai perbedaan eritrosit, leukosit, dan trombosit. Perhatikan tabel berikut ini.

**Tabel 6.1 Perbedaan antara eritrosit, leukosit, dan trombosit**

| No. | Pembeda | Eritrosit | Leukosit | Trombosit |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Ukuran | ± 7,5 mm | ± 5 - 9 mm | ± 2 - 4 mm |
| 2. | Tempat pembuatan | sumsum tulang | sumsum tulang dan limfa | sumsum tulang |

| No. | Pembeda | Eritrosit | Leukosit | Trombosit |
|---|---|---|---|---|
| 3. | Jumlah | ± 5.000.000/mm$^3$ | ± 7.000/mm$^3$ | ± 250.000/mm$^3$ |
| 4. | Susunan | - mempunyai hemoglobin<br>- tidak mempunyai inti | - tidak punya hemoglobin | - tidak punya hemoglobin<br>- tidak punya inti<br>- mempunyai enzim |
| 5. | Bentuk | seperti cakram bikonkaf | - mempunyai inti<br>tidak teratur | tidak teratur |
| 6. | Fungsi | membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh dan $CO_2$ dan air dari jaringan tubuh keluar tubuh | fagosit benda asing/ kuman menghasilkan antibodi untuk membunuh kuman | untuk pembekuan darah |

### b. Plasma darah

Plasma darah adalah bagian darah yang berbentuk cairan berwarna jernih kekuning-kuningan atau darah yang telah dihilangkan sel-sel darahnya. Plasma darah terdiri dari 90% air dan 10% zat-zat yang terlarut. Zat-zat yang terlarut dalam plasma darah yaitu sari-sari makanan, zat-zat sisa oksidasi, enzim, hormon, protein, dan garam-garam mineral. Protein dalam plasma darah terdiri atas fibrinogen, globulin, dan albumin.

Molekul-molekul protein ini cukup besar sehingga tidak dapat menembus dinding kapiler. Albumin berperan dalam mengatur tekanan darah, sedangkan fibrinogen diperlukan dalam proses pembekuan darah. Garam-garam kalsium juga bermanfaat untuk mempercepat proses pembekuan darah.

*Plasma*
*Lapisan kuning (buffy coat) yang terdiri atas sel darah putih dan platelet*
*Sel-sel darah*
*Darah yang mengendap*

**Gambar 6.7** Plasma darah
**Sumber:** Jendela IPTEK, Tubuh Manusia

Sel-sel darah dan protein-protein darah dalam larutan darah dapat diendapkan dengan menggunakan alat pemusing atau *sentrifuse*, sehingga didapatkan cairan sisa di lapisan atasnya yang berwarna jernih dan mengandung zat antibodi (zat pelawan kuman). Serum sebagai antibodi dapat dibedakan atas: *presipitin*, yang dapat menggumpalkan antigen: *lisin*, yang dapat menguraikan protein asing; dan *antitoksin*, yang dapat menawarkan racun.

## 2. Golongan darah

Sebelum dunia kedokteran mengalami kemajuan seperti sekarang ini, jika seseorang menderita kekurangan darah akibat kecelakaan atau sakit, kemudian memerlukan penambahan darah *(tranfusi)*, maka dapat dengan cepat ditambahkan darah yang ada. Dengan penambahan darah ini, ternyata orang tersebut tidak dapat bertahan hidup lebih lama. Setelah beberapa bulan, orang tersebut meninggal. Kemudian timbul pertanyaan, apakah darah yang diberikan kepada penderita tersebut tidak cocok?

Pada tahun 1900, seorang dokter dari Wina (Austria) bernama **Dr. Karl Landsteiner** mengadakan pengamatan dan penelitian terhadap darah manusia dengan melakukan percobaan-percobaan. Dari percobaan-percobaan tersebut, akhirnya beliau menemukan perbedaan-perbedaan yang terdapat pada darah. Berdasarkan perbedaan tersebut, Landstainer menggolongkan darah menjadi empat macam yaitu golongan darah A, B, AB, dan O. Pembagian golongan darah dilakukan berdasarkan ada tidaknya antigen dan antibodi yang terkandung dalam darah manusia.

a. Golongan darah A, berarti di dalam sel-sel darahnya mengandung *aglutinogen* A dan dalam plasma darahnya mengandung *aglutinin* b, rumus (A,b)
b. Golongan darah B, berarti di dalam sel-sel darahnya mengandung *aglutinogen* B dan dalam plasma darahnya mengandung *aglutinin* a, rumus (B,a)
c. Golongan darah AB, berarti dalam sel-sel darah mengandung *aglutinogen* A dan B, di dalam plasma darahnya tidak mengandung *aglutinin* a dan b, rumus (AB, --)
d. Golongan darah O, berarti di dalam sel-sel darahnya tidak mengandung *aglutinogen* baik A maupun B. Di dalam plasma darahnya mengandung *aglutinin* a dan b, rumus (--, ab)

## 3. Transfusi darah

Apa yang disebut transfusi darah? Transfusi darah adalah mengambil darah dari seseorang kemudian dimasukkan ke dalam tubuh orang lain. Orang yang diambil darahnya atau pemberi darah disebut *donor*, sedangkan orang yang menerima darah atau penerima darah disebut *resipien*.

Pada saat tranfusi darah, aglutinogen pada donor dan aglutinin pada resipien harus diperhatikan. Aglutinogen adalah suatu zat yang digumpalkan, sedangkan aglutinin adalah suatu zat yang menggumpalkan. Misalnya, golongan darah A (A,b) diberikan pada golongan darah B (B,a). Jika diperhatikan aglutinogen pada donor adalah A, sedangkan aglutinin pada resipien adalah a. Jika aglutinogen A bertemu dengan aglutinin a, maka akan menggumpal. Demikian juga jika terjadi pertemuan antara aglutinogen B dengan aglutinin b, akan terjadi penggumpalan (+). Jadi, golongan darah A tidak dapat diberikan kepada golongan darah B, atau sebaliknya.

**Gambar 6.8** Darah diambil dari donor untuk membantu sesama manusia yang memerlukan.
**Sumber:** Ensiklopedi Umum

Contoh lainnya adalah jika golongan darah O diberikan pada golongan darah AB, ternyata tidak terjadi gumpalan. Jika diperhatikan pada donor tidak mempunyai aglutinogen baik A maupun B walaupun resipien mempunyai aglutinin a dan b, sehingga darah tidak menggumpal. Oleh karena itu, golongan darah O dapat diberikan kepada golongan darah apa saja sedangkan golongan darah AB tidak dapat diberikan pada golongan darah lain. Kesimpulannya, golongan darah O bersifat donor universal (pemberi darah umum), dan golongan darah AB disebut resipien universal (penerima darah umum). Secara teori dapat dibuat daftar tabel transfusi darah sebagai berikut.

**Tabel 6.2 Transfusi darah**

| Golongan Darah | | Donor | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | AB | O |
| Resipien 1 | A | - | + | + | - |
| Resipien 2 | B | + | - | + | - |
| Resipien 3 | AB | - | - | - | - |
| Resipien 4 | O | + | + | + | - |

Keterangan: tanda (-) = tidak membeku (bisa diberikan)
tanda (+) = menggumpal (tidak bisa diberikan)

Di dalam perkembangan dunia kedokteran yang semakin maju, teori yang ada pada daftar tersebut semakin lama semakin hilang dan tidak dipakai lagi. Teori yang berlaku sekarang adalah transfusi darah harus dilakukan terhadap golongan darah yang sama. Golongan darah yang sama pun harus diuji di luar tubuh apakah terjadi penggumpalan atau tidak. Caranya adalah butir-butir darah dari donor diberi plasma dari resipien dan butir-butir darah dari resipien diberi plasma dari donor.

Untuk mendapatkan butir-butir darah dan plasma darah, dilakukan pemusingan (*sentrifugal*) agar butir-butir darah mengendap dan plasma darah berada di atas. Walaupun donor dan resipien golongannya sama kadang-kadang setelah diadakan uji silang darahnya membeku, berarti ada zat-zat tertentu yang tidak cocok, maka untuk mengantisipasi hal-hal tersebut walaupun golongan darahnya sama tetap diadakan uji silang (*cross matching).*

## 4. Fungsi darah

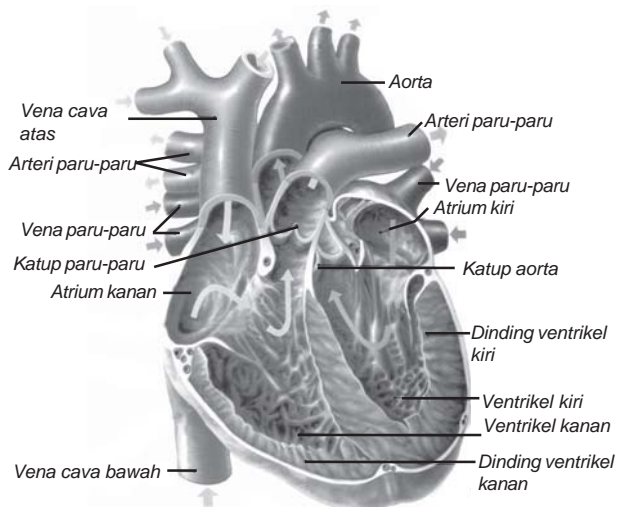
Berdasarkan uraian di atas maka fungsi darah adalah sebagai berikut.

a. Mengangkut oksigen dari paru-paru ke jantung dan dari jantung ke seluruh jaringan tubuh.
b. Mengangkut sari-sari makanan dari usus ke jantung dan dari jantung ke seluruh jaringan tubuh.
c. Mengangkut hormon dari kelenjar-kelenjar buntu ke seluruh tubuh.
d. Mengedarkan air ke seluruh tubuh.
e. Mengangkut zat-zat sisa ($CO_2$, air, urea) keluar tubuh melalui alat-alat pengeluaran seperti paru-paru, ginjal, dan kulit.
f. Menjaga agar suhu tubuh tetap, dengan cara memindahkan panas dari alat-alat tubuh yang aktif ke bagian yang kurang aktif.
g. Mengatur keseimbangan asam dan basa untuk menghindari kerusakan pada jaringan-jaringan.
h. Menutup luka dengan cara pembekuan darah.

## B. Alat Peredaran Darah

Alat peredaran darah pada manusia terdiri atas jantung dan pembuluh darah. Pembuluh darah dibedakan menjadi tiga macam, yaitu pembuluh nadi (*arteri*), pembuluh balik (*vena*), dan pembuluh kapiler.

### 1. Jantung (Cor)

Jantung terletak di dalam rongga dada agak di sebelah kiri, besarnya lebih kurang segenggam tangan. Jantung sudah bekerja sejak janin dalam kandungan. Jantung selalu berdenyut sepanjang kita hidup tanpa mengenal lelah. Jantung manusia dibagi menjadi empat ruangan yaitu serambi kiri (*atrium sinester*), serambi kanan (*atrium dexter*), bilik kiri (*ventrikal sinester*), dan bilik kanan (*ventrikal dexter*).

**Gambar 6.9** Bagian-bagian jantung
**Sumber:** HDI, Tubuh Manusia

Jantung tersusun dari otot jantung, di antara serambi dan bilik terdapat sekat yang mempunyai katup, katup sebelah kanan disebut *valvula bikuspidalis* (klep 2 daun). Klep-klep tersebut berfungsi untuk menjaga agar darah yang masuk ke bilik tidak kembali ke serambi. Antara serambi kiri dan serambi kanan, serta bilik kiri dan bilik kanan juga terdapat sekat.

Jantung dilindungi oleh selaput jantung yang disebut *perikardium*. Bilik kiri mempunyai dinding paling tebal dibandingkan dinding-dinding ruangan yang lain. Mengapa? Sebab bilik kiri dipakai untuk memompa darah ke seluruh tubuh.

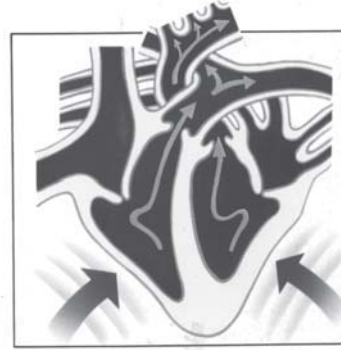
#### *a. Cara kerja jantung*

Jantung dapat mengembang dan menguncup. Hal ini terjadi karena adanya otot-otot jantung yang mengendor dan berkontraksi (berkerut). Gerakan jantung ini dinamakan denyut jantung. Denyut jantung yang terjadi pada saat kita beristirahat adalah sekitar 75 kali setiap menit sedangkan pada saat kita melakukan kegiatan denyut jantung dapat mencapai kira-kira 140 kali setiap menit. Adapun proses timbulnya denyut jantung adalah sebagai berikut.

1) Apabila serambi dan bilik mengembang, maka darah dari tubuh bagian atas, bagian bawah, dan dari paru-paru akan mengalir ke serambi. Peredaran darah dari tubuh atas

menuju ke serambi kanan terjadi melalui pembuluh balik besar atas, sedangkan darah dari tubuh bagian bawah menuju ke serambi kanan melalui pembuluh balik besar bawah (banyak mengandung $CO_2$). Darah dari paru-paru kanan dan kiri menuju ke serambi kiri melalui pembuluh nadi paru-paru (banyak mengandung $O_2$).

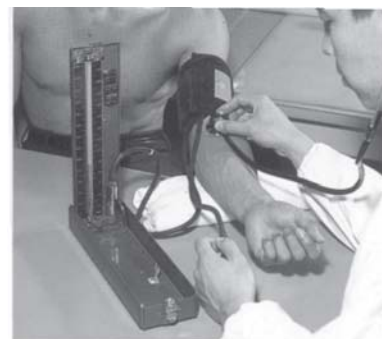
2) Serambi menguncup atau berkontraksi sehingga klep antara serambi dan bilik membuka. Darah dari serambi kiri masuk ke bilik kiri dan darah dari serambi kanan masuk ke bilik kanan.

*a. Bilik jantung mengembang* *b. Bilik jantung menguncup*

**Gambar 6.10** Skema aliran darah pada jantung
**Sumber:** Dokumen penerbit

3) Bilik menguncup (berkontraksi) sehingga klep antara serambi dan bilik menutup kembali. Darah dari bilik kanan dipompa menuju ke paru-paru untuk dibersihkan dan darah dari bilik kiri dipompa menuju ke seluruh tubuh melalui *aorta*.

Denyut jatung dapat dirasakan dengan cara meraba pembuluh nadi (arteri) yang terdapat pada pergelangan tangan kita karena denyut nadi ini sama dengan denyut jantung.

## b. Tekanan darah

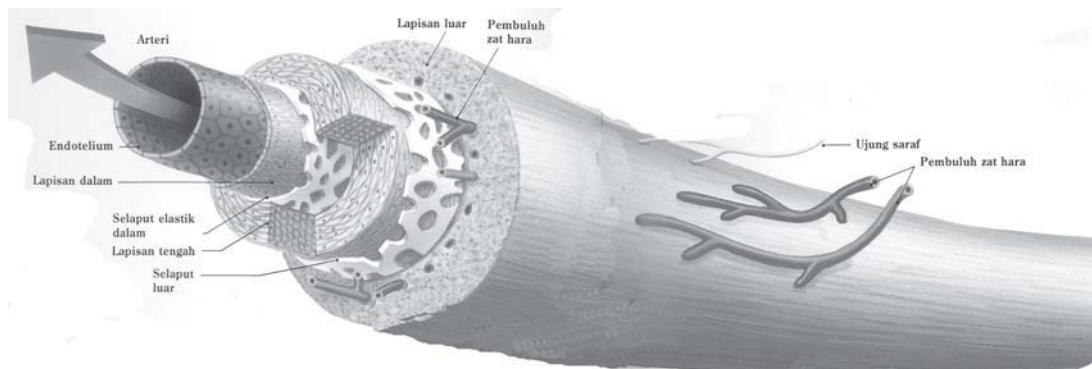
Tekanan darah adalah kemampuan jantung untuk menampung dan memompa darah ke seluruh tubuh. Jika serambi mengembang, maka jantung mengisap darah dari pembuluh balik (*vena cava superior* dan *vena cava interior*) masuk ke dalam serambi kanan dan dari *vena pulmonalis* masuk ke jantung bagian serambi kiri, kemudian serambi menguncup sehingga darah dari serambi kanan masuk ke bilik kanan, dan darah dari serambi kiri masuk ke bilik kiri sehingga otot bilik mengendor maksimum dan mengembang maksimum, peristiwa ini disebut *diastole*. Selanjutnya, jantung beristirahat ± 0,1 detik, setelah itu mulailah otot bilik jantung berkontraksi sehingga darah di pompa keluar jantung dari bilik kiri keluar ke seluruh tubuh dan dari bilik kanan keluar jantung menuju ke paru-

**Gambar 6.11** Mengukur tegangan darah
**Sumber:** Ensiklopedi Umum

paru, peristiwa ini disebut *sistole*. Kekuatan memompa darah dari jantung diteruskan oleh pembuluh nadi, maka nadi ikut berdenyut sehingga tekanan darah dapat diukur dengan alat yang disebut tensimeter. Tekanan darah orang dewasa normal sistole 120 mmHg dan diastole 80 mmHg.

## 2. Pembuluh darah

### *a. Pembuluh nadi (arteri)*

Pembuluh nadi atau arteri adalah pembuluh yang meninggalkan jantung. Darah yang dipompa dari jantung akan menuju ke dalam batang nadi yang disebut *aorta*. Aorta memiliki dinding yang kuat dan bercabang-cabang membentuk pembuluh nadi. Selain dindingnya kuat aorta juga bersifat elastis atau kenyal sehingga dapat menahan tekanan dari jantung.

Pembuluh nadi ikut berdenyut menurut irama denyut jantung. Letak pembuluh nadi agak ke dalam atau ke tengah, hanya pada bagian-bagian tertentu yang letaknya agak ke tepi. Misalnya pada pergelangan tangan, pelipis, dan leher. Di tempat-tempat tersebut denyut nadi dapat dirasakan. Aliran darah dalam pembuluh nadi ini sangat cepat, karena berasal dari jantung. Katup pada pembuluh nadi hanya satu, yaitu terletak pada pangkal dan berbatasan dengan bilik kiri jantung, katup tersebut dinamakan *valvula semilunaris*.



**Gambar 6.12** Pembuluh nadi(arteri)
**Sumber**: HDI Tubuh Manusia

### *b. Pembuluh balik (vena)*

Pembuluh vena adalah pembuluh darah yang membawa darah ke jantung, darah mengalir mulai dari jaringan tubuh menuju pembuluh vena yang halus (*venulat*), kemudian menuju ke vena yang lebih besar dan akhirnya masuk ke jantung. Vena yang paling besar disebut *vena kava*, letaknya dekat dengan jantung. Pembuluh vena yang besar ada dua yaitu:

1) Vena yang mengalirkan darah dari tubuh bagian atas menuju jantung, vena ini disebut *vena kava superior*.
2) Vena yang mengalirkan darah dari tubuh bagian bawah menuju jantung, vena ini disebut *vena kava interior*.

Vena terletak agak di bagian tepi, karena mengalirkan darah dari jaringan-jaringan tubuh yang membawa darah kotor, sehingga darahnya berwarna kebiru-biruan.

Aliran darah ini sangat pelan karena tidak mempunyai tekanan yang besar seperti pada pembuluh nadi yang berasal dari jantung. Agar aliran darah yang pelan dalam pembuluh vena ini tidak berbalik lagi, maka dalam pembuluh-pembuluh vena dilengkapi dengan banyak katup. Aliran darah dalam vena juga dipengaruhi adanya kontraksi otot yang terdapat di sekitar pembuluh balik. Aliran darah pada vena tersebut dapat berpengaruh terhadap tubuh kita. Misalnya, jika kita terlalu banyak berdiri, maka dalam pembuluh vena kaki akan terkumpul banyak darah, sehingga ada beberapa pembuluh darah yang tidak kuat menahannya, akhirnya membengkak dan mengakibatkan penyakit yang disebut varises. Penyakit varises ini juga sering diderita oleh ibu yang sedang mengandung. Darah pada pembuluh vena seolah-olah ditekan dari atas dan menyebabkan pembuluh vena pada kaki akan mengembang. Demikian juga orang yang banyak duduk, juga menyebabkan pembuluh darah balik pada dubur akan mengembang sehingga menimbulkan penyakit ambeien/wasir.

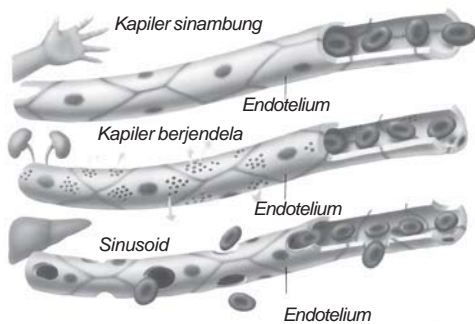
Lapisan luar
Pembuluh zat hara
Otot polos
Selaput elastik
Endotelium
Vena
Katup

**Gambar 6.13** Pembuluh balik (vena)
**Sumber:** HDI Time Life, Tubuh Manusia

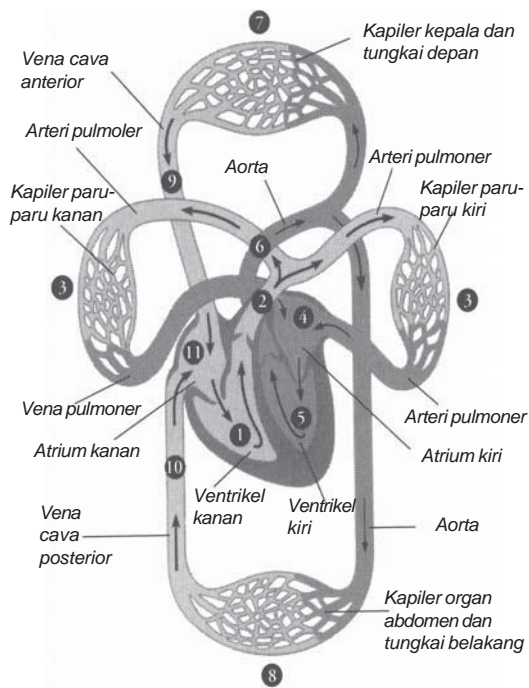
Berdasarkan uraian di atas, untuk lebih jelasnya pembuluh vena dapat dibedakan seperti pada tabel berikut.

**Tabel 6.3 Perbedaan antara pembuluh nadi dengan pembuluh balik**

| | **Pembuluh Nadi** | **Pembuluh Balik** |
|---|---|---|
| 1. Letak | di bagian dalam (tidak tampak dari luar), tersembunyi | di permukaan tubuh nampak kebiruan |
| 2. Dinding | tebal, kuat, elastis | tipis, tidak elastis |
| 3. Aliran darah | meninggalkan jantung | menuju jantung |
| 4. Denyut | seirama denyut jantung dan dapat kita rasakan dari luar dan meraba bagian-bagian tertentu | tidak terasa denyutannya |
| 5. Klep/katup | hanya terdapat satu di permulaan aorta | banyak di sepanjang pembuluh |
| 6. Jika luka | darah memancar dengan kuat | darah menetes |
| 7. Darah yang dibawa | biasanya darah bersih, kecuali arteri paru-paru | biasanya darah kotor, kecuali vena paru-paru |

### c. Pembuluh kapiler

Gambar 6.14 Pembuluh kapiler
Sumber: HDI Time Life, Tubuh Manusia

Pembuluh kapiler merupakan percabangan dari pembuluh nadi. Pembuluh ini sangat halus dan letaknya tersebar di seluruh tubuh sampai pada jaringan-jaringan tubuh. Pembuluh kapiler pada jaringan-jaringan tubuh ini memberikan sari makanan dan gas $O_2$ serta mengambil zat-zat sampah dari jaringan.

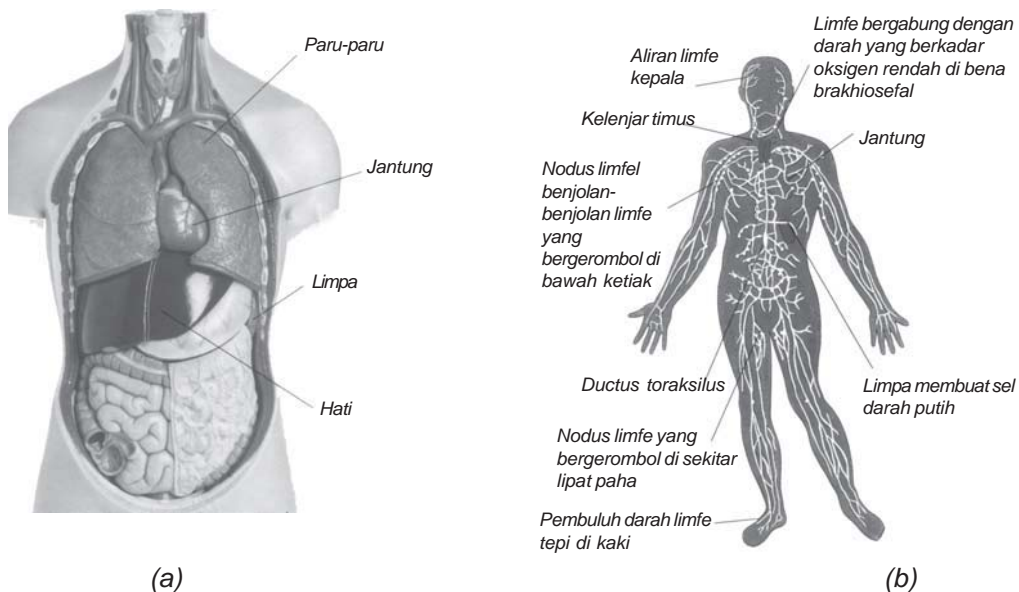
## C. Sistem Peredaran Darah pada Manusia

Gambar 6.15 Sistem peredaran darah pada manusia
Sumber: Dokumen Penulis

Sistem peredaran darah ada dua macam, yaitu sistem peredaran darah tertutup dan sistem peredaran darah ganda. Sistem peredaran darah tertutup adalah peredaran darah yang terjadi di dalam pembuluh, yaitu dari jantung melalui pembuluh nadi – pembuluh kapiler – pembuluh balik – kembali ke jantung. Peredaran darah ganda atau rangkap adalah peredaran darah yang terjadi melalui jantung sebanyak dua kali. Peredaran darah ganda ada dua macam yaitu sebagai berikut.

a. Peredaran darah besar adalah peredaran darah dari jantung ke seluruh tubuh kembali ke jantung.
b. Peredaran darah kecil adalah peredaran darah yang berasal dari jantung ke paru-paru kembali ke jantung.

## Getah Bening dan Peredarannya

Getah bening adalah suatu cairan jernih kekuning-kuningan yang berisi sel-sel darah putih, keping-keping darah, dan fibrinogen. Getah bening ini berasal dari seluruh jaringan tubuh yang terisap oleh kapiler darah. Peredaran limfa atau *sistem limfatik* disebut peredaran terbuka, sebab ujung-ujung pembuluh tidak saling menyambung sebelum masuk ke vena. Cairan limfa harus bersih dari penyakit dan zat-zat lain. Oleh karena itu tempat-tempat tertentu pada pembuluh terdapat bagian yang membesar disebut *kelenjar limfa* (*kelenjar getah bening*). Di tempat inilah diproduksi sel darah putih dan zat antibodi. Kelenjar getah bening terdapat pada lipat paha, ketiak, leher.

(a) (b)

**Gambar 6.16** (a) organ limfa, (b) sistem limfa
**Sumber:** Jendela Iptek, Tubuh Manusia

# D Kelainan dan Gangguan pada Sistem Peredaran Darah

## 1. Kelainan dan gangguan pada sistem peredaran darah

Beberapa kelainan dan gangguan pada sistem peredaran darah, antara lain:

a. Hemofilia adalah penyakit keturunan di mana darah sukar membeku (luka sekecil apa pun darah tetap mengalir keluar).

b. Anemia adalah penyakit kekurangan darah yang disebabkan oleh:
   1) Kadar hemoglobin rendah, atau kekurangan zat besi.
   2) Kekurangan sel darah merah (penyakit malaria, cacing tambang).
   3) *Eritroblastosis foetalis* (penyakit kuning pada bayi), karena sel darah merah rusak oleh aglutinin ibunya sendiri
   4) Leukemia/kanker darah, adalah penyakit yang disebabkan oleh penambahan darah putih yang tidak dapat dicegah, sehingga memakan sel darah merah.
   5) Jantung koroner adalah penyakit yang terjadi karena tersumbatnya nadi koronaria yang memberi makan pada jantung, sehingga kerja jantung berhenti.
   6) Sklerosis adalah pengerasan pembuluh nadi karena adanya endapan zat lemak yang disebut arterosklerosis, atau karena adanya zat kapur disebut arteriosklerosis.
   7) Varises adalah pelebaran pembuluh vena umumnya di betis.
   8) Ambeien/hemoroid adalah pelebaran pembuluh vena pada anus.
   9) Hipertensi adalah penyakit tekanan darah tinggi.

## 2. Upaya mengatasi gangguan pada sistem peredaran darah

Beberapa upaya mengatasi gangguan pada sistem peredaran darah antara lain:

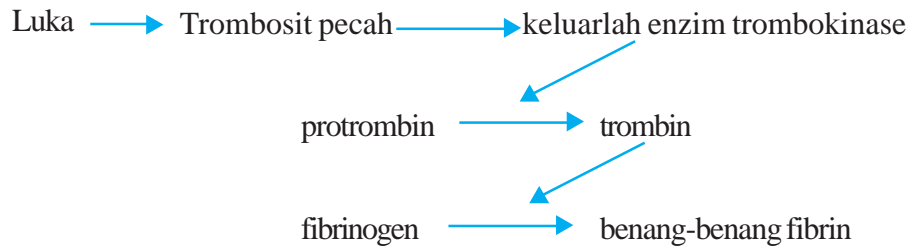
a. Agar kadar hemoglobin tetap normal sebaiknya banyak makan sayuran yang mengandung zat besi.
b. Hindari makanan yang terlalu banyak lemak dan zat kapur, hal ini untuk mengantisipasi terjadinya sklerosis.
c. Jangan merokok, hal ini untuk mengantisipasi penyumbatan nadi koronaria (jantung koroner), kanker, paru-paru, hipertensi, impotensi.
d. Olahraga yang teratur, agar memperlancar peredaran darah.
e. Istirahat yang teratur, penggunaan energi sesuai kebutuhan, untuk mengantisipasi tekanan darah agar tidak menurun.
f. Makan makanan yang bergizi secara teratur.

### Kecakapan Personal

1. Coba pelajarilah kembali sistem peredaran darah manusia, kemudian jelaskan proses peredarannya!
2. Apakah manfaat darah itu?

## Rangkuman

1. Darah tersusun atas butir-butir darah dan plasma darah.
2. Butir-butir darah terdiri atas: darah merah, darah putih, dan keping pembeku.
3. Skema pembekuan darah:

Luka → Trombosit pecah → keluarlah enzim trombokinase → protrombin → trombin → fibrinogen → benang-benang fibrin

4. Tranfusi darah artinya memberikan darah dari seseorang ke orang lain.
5. Tekanan darah adalah kemampuan jantung untuk menampung dan memompa darah ke seluruh tubuh, bila serambi mengembang, jantung mengisap darah dari pembuluh balik.
6. Peristiwa bila bilik mengembang maksimum disebut diastole, dan bila bilik mengkerut maksimum disebut sistole.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Di bawah ini adalah fungsi darah, **kecuali** ....
   a. sebagai alat pengangkut
   b. menjaga agar suhu tubuh tetap normal
   c. membunuh kuman penyakit
   d. memberikan tenaga

2. Pembuluh arteri berikut ini membawa darah bersih, **kecuali** ....
   a. arteri pulmonalis
   b. arteri ke usus
   c. arteri ke ginjal
   d. arteri ke jantung

3. Darah putih bersifat *fagosit* artinya ....
   a. menghasilkan antigen pelawan kuman
   b. memakan mikroorganisme yang masuk ke tubuh
   c. membawa $CO_2$ ke seluruh tubuh
   d. membawa $O_2$ ke seluruh tubuh

4. Donor universal adalah golongan darah ....
   a. A        c. AB
   b. B        d. O

5. Gangguan darah sukar membeku karena keturunan disebut penyakit ....
   a. hemofilia        c. anemia
   b. leukemia        d. talasemia

6. Ciri-ciri darah seperti:
   1. mempunyai inti
   2. mengandung hemoglobin
   3. dibentuk dalam sumsum tulang merah
   4. menghancurkan kuman

   Ciri-ciri yang dimiliki sel darah merah adalah ....
   a. nomor 1 dan 2        c. nomor 3 dan 4
   b. nomor 2 dan 3        d. nomor 1 dan 4

7. Unsur-unsur yang penting dalam proses pembekuan darah seperti di bawah ini, **kecuali** ....
   a. fibrinogen        c. leukosit
   b. trombosit        d. ion $Ca^{++}$

8. Dinding pada jantung yang paling tebal adalah dinding pada ....
   a. serambi kiri        c. bilik kiri
   b. serambi kanan        d. bilik kanan

9. Golongan darah A diberikan kepada golongan darah B tidak sesuai, sebab ....
   a. aglutinogen A bertemu aglutinin $\alpha$
   b. aglutinogen B bertemu aglutinin $\beta$
   c. aglutinogen A dengan aglutinin B tidak cocok
   d. aglutinogen A menggumpalkan aglutinin $\alpha$

10. Pengerasan pembuluh darah karena endapan zat lemak disebut ....
    a. *atherosklerosis*        c. *koronariasis*
    b. *arteriosklerosis*        d. *varises*

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Sebutkan perbedaan antara pembuluh arteri dan vena!
2. Apa yang disebut peredaran darah ganda?
3. Jelaskan proses pembekuan darah dengan skema!
4. Apakah yang disebut *eritroblastosis foetalis* (penyakti kuning pada bayi)?
5. Apa yang disebut sistole dan diastole?
6. Sebutkan fungsi darah!
7. Golongan darah manusia dibagi menjadi 4 yaitu golongan A, B, AB, dan O. Berdasarkan apa penggolongan darah tersebut?
8. Sebutkan fungsi dari limfa!
9. Apa yang disebut transfusi?
10. Apa yang disebut kanker darah?

## Tugas Proyek

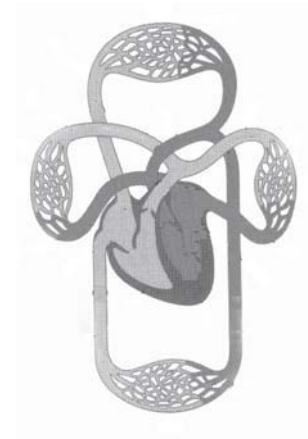
**Tujuan:**

Siswa mampu menyebutkan urutan proses peredaran darah.

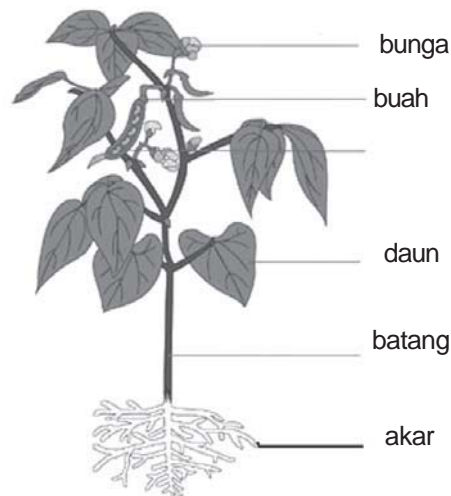
**Alat dan bahan:**

1. Skema peredaran darah
2. Pensil dan alat tulis lainnya

**Cara kerja:**

1. Urutkan jalannya peredaran darah mulai dari jantung.
2. Berilah nama bagian-bagian yang dilalui darah tersebut.
3. Manakah yang disebut peredaran darah besar dan peredaran darah kecil?

# Bab VII
# Struktur dan Fungsi Jaringan dan Organ pada Tumbuhan

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:
1. menyebutkan struktur dan jaringan pada tumbuhan.
2. menyebutkan struktur dan fungsi akar, batang, daun bunga, buah, dan biji.
3. menunjukkan hama dan penyakit pada tumbuhan.
4. menentukan peranan xilem dan floem.



**Sumber:** www.infovisual.info

Seperti yang telah kamu ketahui bahwa bagian-bagian tumbuhan terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan buah. Setiap bagian tersebut mempunyai struktur dan fungsi yang berbeda-beda. Gambar di atas menunjukkan struktur tubuh suatu tumbuhan.

## Peta Konsep

- Struktur dan Fungsi Organ pada Tumbuhan
  - Struktur dan fungsi akar
    - Struktur akar
    - Jalannya air pada tumbuhan
    - Fungsi akar
  - Struktur dan fungsi batang
    - Struktur batang
    - Fungsi batang
    - Peranan pembuluh xilem
    - Peranan pembuluh floem
  - Struktur dan fungsi daun
    - Morfologi daun
    - Struktur daun
    - Fungsi daun
    - Proses membuka dan menutupnya stomata
  - Struktur dan fungsi bunga
    - Struktur bunga
    - Fungsi bunga
  - Buah
  - Biji

## Kata Kunci

- xilem
- floem
- epidermis
- korteks
- parenkim
- hama dan penyakit

Setiap makhluk hidup pasti memiliki ciri-ciri seperti: makan, bernapas, bergerak, berkembang biak, mengeluarkan zat, menanggapi rangsang, dan lain-lain. Seperti pada hewan dan manusia, tumbuhan juga memiliki ciri-ciri tersebut.

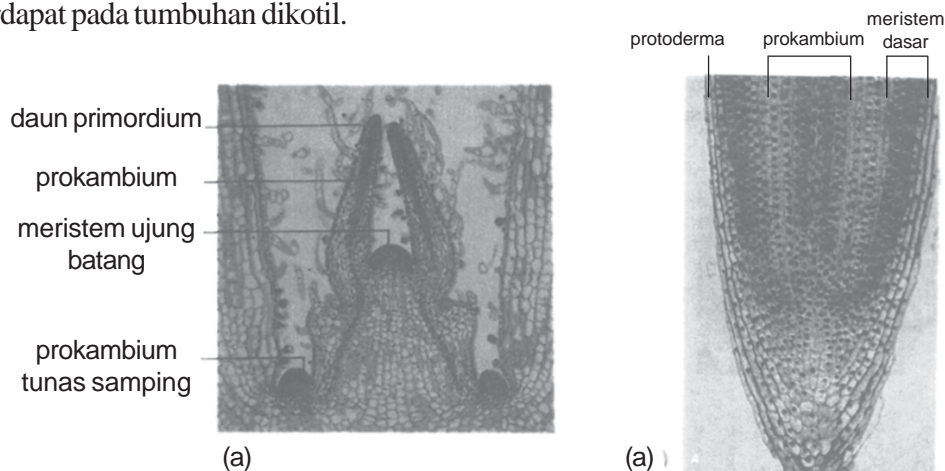
Ayo, ingatlah kembali materi yang membahas tentang ciri-ciri makhluk hidup yang telah kamu pelajari di kelas VII. Seperti halnya manusia dan hewan, tumbuhan juga memiliki organ-organ penting, yaitu akar, batang, daun, bunga, dan biji. Marilah, sebelum kita pelajari organ-organ pada tumbuhan, kita pelajari jaringan-jaringan yang menyusun organ-organ tersebut.

## A. Struktur Jaringan pada Tumbuhan

Organ-organ pada tumbuhan terdiri dari beberapa jaringan yaitu: jaringan meristem, jaringan parenkim, jaringan epidermis, jaringan klorentim, jaringan kolenkim, jaringan sklerenkiim, jaringan xilem, dan jaringan floem.

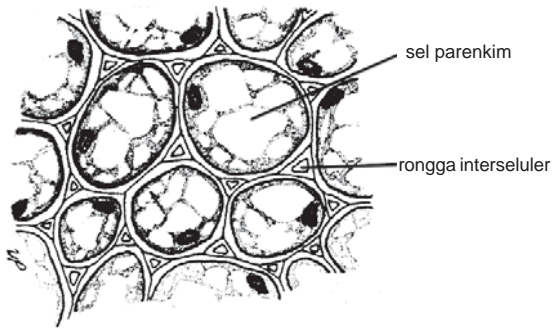
### 1. Jaringan Meristem

Jaringan meristem merupakan jaringan yang tersusun dari sel-sel yang masih muda dan bersifat selalu membelah diri. Jaringan ini kita jumpai pada ujung batang, ujung akar, dan pada kambium. Jaringan inilah yang menyebabkan tumbuhan menjadi lebih tinggi dan besar, dan akar semakin panjang.

Jaringan meristem yang terletak pada ujung batang maupun ujung akar disebut meristem primer. Jaringan meristem ini terdapat pada tumbuhan baik dikotil maupun monokotil. Jaringan meristem yang terletak antara floem dan xilem disebut jaringan meristem sekunder dan jaringan ini terdapat pada tumbuhan dikotil.

**Gambar 7.1** Meristem (a) ujung batang dan (b) ujung akar
**Sumber:** HDI Dunia Tumbuhan

## 2. Jaringan Parenkim (Jaringan Dasar)

sel parenkim

rongga interseluler

**Gambar 7.2** Jaringan parenkim
**Sumber:** HDI Dunia Tumbuhan

Jaringan ini tersusun dari sel-sel yang hidup, bentuknya segi banyak, dinding tipis, punya rongga sel yang besar, mempunyai ruang antarsel, ada yang mengandung kloroplas, sehingga dapat melakukan fotosintesis. Letak jaringan ini tersebar di seluruh bagian tubuh tumbuhan, baik pada akar, batang, daun, buah, dan biji.

## 3. Jaringan Epidermis

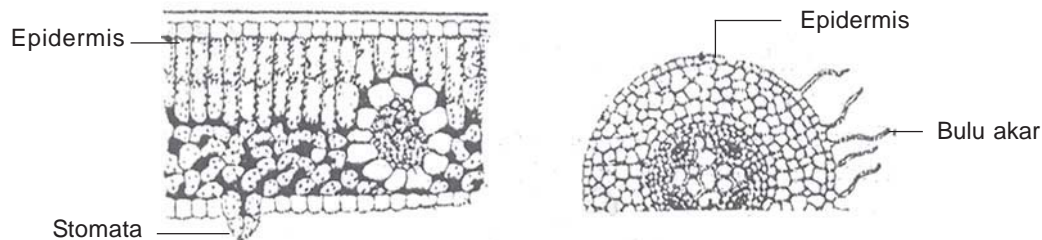
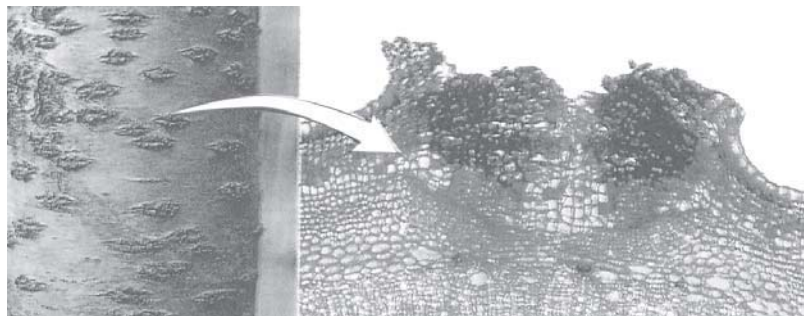
Jaringan ini menempati di seluruh permukaan tubuh tumbuhan dan tersusun dari selapis sel yang tersusun rapat, dan biasanya tidak mengandung klorofil, kecuali pada sel penutup pada stomata (mulut daun).

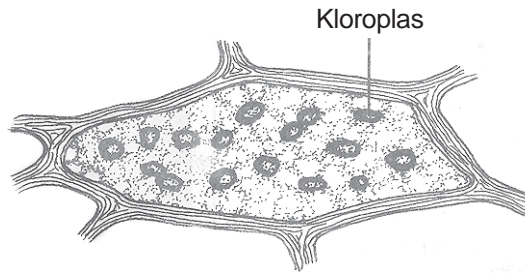
Jaringan epidermis yang terletak pada akar yaitu di dekat ujung akar bisa mengalami modifikasi menjadi bulu akar. Sedang jaringan yang ada pada batang atau cabang bisa mengalami modifikasi menjadi lentisel (celah pada batang yang dipergunakan untuk pertukaran gas. Dan yang ada pada daun mengalami modifikasi menjadi stomata (mulut daun).

Epidermis

Stomata

Epidermis

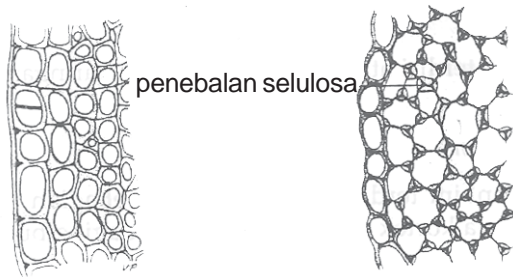
Bulu akar

**Gambar 7.3** Jaringan epidermis
**Sumber:** HDI Dunia Tumbuhan

**Gambar 7.4** Lentisel pada batang
**Sumber:** HDI Dunia Tumbuhan

## 4. Jaringan Klorenkim

Kloroplas

Gambar 7.5 Klorenkim
Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

Jaringan ini sebetulnya berasal dari jaringan parenkim yang sudah mengalami perubahan bentuk dan fungsinya. Sel-sel penyusunnya mempunyai kloroplas, sehingga dapat melakukan fotosintesis.

## 5. Jaringan Kolenkim

penebalan selulosa

**Gambar 7.6** Jaringan kolenkim yang memiliki dinding sel tebal
**Sumber:** HDI Dunia Tumbuhan

Jaringan ini tersusun dari sel-sel yang hidup dan berdinding tipis, jaringan ini mirip dengan jaringan parenkim, tetapi jaringan ini sel-selnya mengalami penebalan dari selulosa pada sudut-sudutnya.

## 6. Jaringan Sklerenkim

Jaringan ini tersusun dari sel-sel yang telah mati, dinding selnya menebal. Bentuk jaringan ini ada dua, yaitu:

a. Sklereida (sel batu): yaitu dinding sel yang tebal tersusun dari zat kayu dan mengandung banyak noktah. Contoh: pada tempurung kelapa dan kulit kenari.

b. Serabut sklerenkim/serat: jaringan ini biasanya terdapat pada kulit tumbuhan dikotil dan daun monokotil yang dapat dimanfaatkan serat-seratnya.

## 7. Jaringan Xilem (Pembuluh Kayu)

Xilem adalah jaringan pengangkut juga sebagai jaringan penyokong. Jaringan ini terletak pada bagian kayu dan mempunyai dua macam bentuk, yaitu:

a. Trakeid; yaitu sekat-sekat antarselnya berpori.

b. Trakea; yaitu sekat-sekat antarselnya berliang.

Xilem berfungsi untuk mengangkut air dan garam-garam mineral dari akar menuju daun maka xilem terdapat pada akar, batang dan daun, baik pada tumbuhan dikotil maupun monokotil dan tumbuhan berpembuluh lainnya.

trakea

aliran air melalui pasangan pit dari trakeid dalam xilem

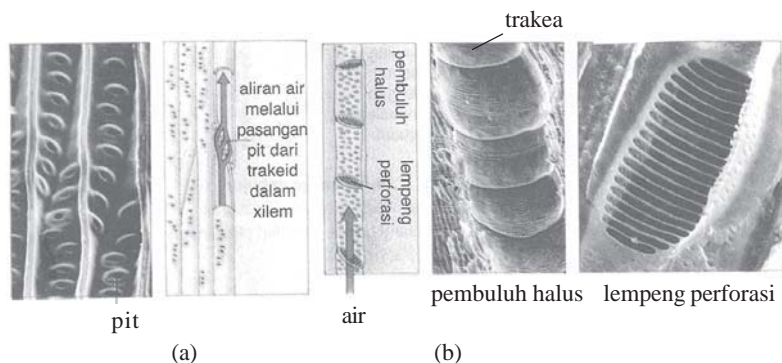
pembuluh halus

lempeng perforasi

pit

air

pembuluh halus lempeng perforasi

(a) (b)

**Gambar 7.7** (a) Trakeid pada Pinus sp. dan (b) trakea otak (Quercus rubra)
**Sumber:** HDI Dunia Tumbuhan

## 8. Jaringan Floem (Pembuluh Ayak/Tapis)

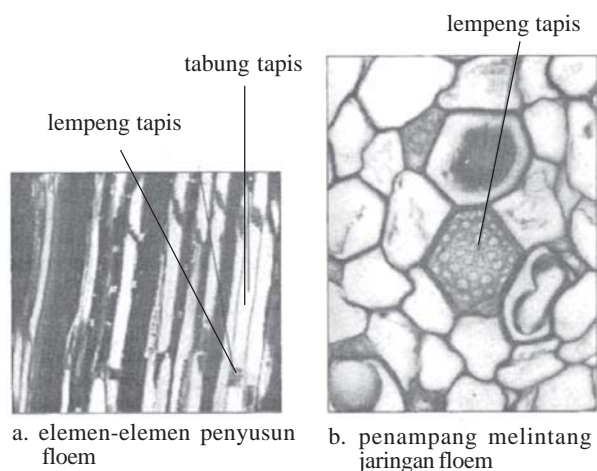
Jaringan floem terletak pada bagian kulit batang. Jaringan ini juga berfungsi sebagai pengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh jaringan ini tersusun dari sel-sel panjang yang ujung-ujungnya bergandengan membentuk suatu pembuluh. Jaringan floem diiringi oleh sel-sel pengiring.

lempeng tapis

tabung tapis

lempeng tapis

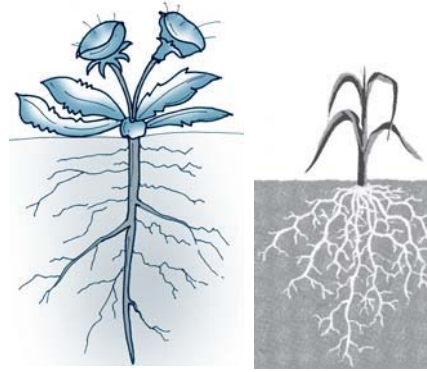
a. elemen-elemen penyusun floem

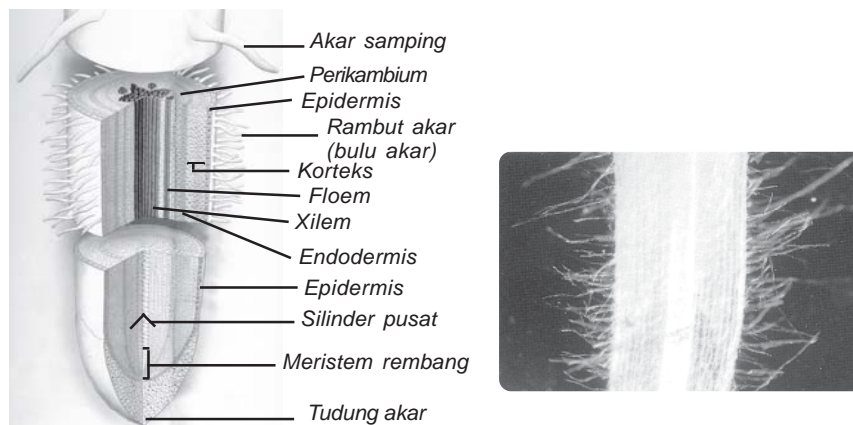
b. penampang melintang jaringan floem

**Gambar 7.8** Jaringan floem
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 6

Jaringan tersebut di atas akan menyusun organ pada tumbuhan, baik pada akar, batang, daun bunga, buah dan biji.

Marilah kita pelajari bagaimana peranan jaringan tersebut pada organ-organ tumbuhan.

## B. Struktur dan Fungsi Akar

Pada umumnya akar merupakan bagian tumbuhan yang berada di dalam tanah. Akar selalu tumbuh ke bawah sesuai dengan fungsinya untuk mencari makan yaitu menyerap air dan mineral dari tanah. Akar pada tumbuhan ada dua macam, yaitu: akar tunggang dan akar serabut. Akar tunggang adalah akar yang berasal dari lembaga yang tumbuh memanjang dan membesar di dalam tanah. Akar tunggang disebut juga akar primer, karena akar tersebut berasal dari lembaga. Akar serabut adalah akar yang tumbuhnya dari pangkal batang ke samping dan besarnya hampir sama antara satu dengan yang lain. Tanaman yang mempunyai akar tunggang, adalah tanaman yang tumbuh dari biji, tetapi jika hasil dari cangkokan, tidak punya akar tunggang.

**Gambar 7.9** (a) tumbuhan berakar tunggang, (b) tumbuhan berakar serabut
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 6

Jika dilihat secara morfologi, struktur akar terdiri dari tudung akar, zona sel pembelah, zona pemanjangan sel, zona sel matang, dan rambut akar. Pada ujung akar terdapat sel-sel yang selalu membelah (*jaringan meristem*), sehingga akar semakin panjang. Pada jaringan meristem karena sel-selnya masih muda, maka dilindungi oleh tudung akar (*kaliptra*).



**Gambar 7.10** (a) penampang membujur akar, (b) rambut akar menutupi akar
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 6

Di belakang meristem (*meristem apikal*) terdapat sel-sel yang memanjang sehingga daerah ini disebut daerah pemanjangan, kemudian sel-sel yang terletak di belakang jaringan meristem mengalami perubahan besar sesuai fungsinya, daerah ini disebut *daerah diferensiasi*.

## Mari Bereksperimen

Ambillah tanaman jagung ***(Zea mays)*** dan tanaman bayam ***(Amaranthus*** sp***)***, kemudian bandingkan kedua akar tanaman tersebut!

1. Tanaman manakah yang mempunyai akar tunggang?
2. Tanaman manakah yang mempunyai akar serabut?
3. Dari manakah akar tersebut berasal? Mengapa demikian?
4. Buatlah laporannya secara tertulis!

## 1. Struktur Anatomi Akar

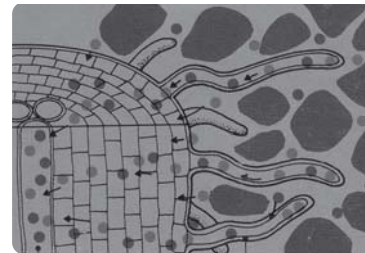
Susunan bagian dalam akar terdiri atas jaringan-jaringan antara lain epidermis, korteks, dan silinder pusat (*stele*). Jaringan-jaringan tersebut mempunyai bentuk dan fungsi yang berbeda-beda.

### a. Epidermis

Epidermis tersusun atas sel-sel berdinding tipis yang terdiri atas satu lapis dan sel-selnya tersusun rapat. Di daerah dekat ujung akar, sel-sel epidermis ada yang berubah menjadi bulu-bulu akar. Bulu-bulu akar ini sangat penting di dalam penyerapan air dan mineral. Epidermis bersifat semipermeabel dan mengalami penebalan. Jaringan ini berfungsi melindungi jaringan yang ada di bawahnya.

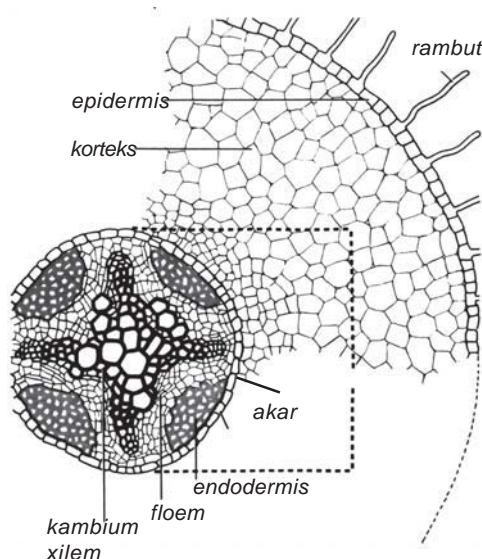
### b. Korteks

Korteks atau kulit luar terdiri atas sel-sel parenkim yang terletak di antara silinder pusat dan epidermis. Susunan sel-sel korteks renggang. Korteks berperan sebagai daerah penyimpanan cadangan makanan. Korteks bagian luar berbatasan dengan epidermis, berupa selapis sel yang disebut *eksodermis*, sedangkan korteks bagian dalam yang berbatasan dengan silinder pusat disebut *endodermis*. Endodermis berfungsi

### Info Sains



Rambut akar menambah jumlah air dan nutrien yang dapat diserap oleh tumbuhan dengan menambah luas epidermis yang bersentuhan dengan tanah. Rambut akar tersebut dilapisi pektin, yaitu suatu zat lengket yang melekatkan bulu-bulu akar yang tumbuh pada butir-butir tanah yang sangat kecil.

Sumber : HDI, Time-Life.Tubuh Manusia

mengatur jalannya air dan mineral dari korteks ke silinder pusat. Sel-sel endodermis sisi radial mengalami penebalan dari zat suberin dan lignin, sehingga jika dilihat dari atas seperti titik-titik yang disebut *titik kaspari*. Titik kaspari tersusun membentuk pita kaspari.

**Gambar 7.11** Penampang melintang akar
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 6

## c. Silinder pusat (stele)

Silinder pusat terletak di bagian dalam akar, yaitu sebelah dalam endodermis silinder pusat mengandung jaringan pengangkut yaitu xilem, floem, dan perisikel. Xilem (pembuluh kayu) berfungsi mengangkut air dan mineral dari akar menuju daun, sedangkan floem berfungsi mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tubuh.

**Tabel 7.1. Perbedaan antara akar tumbuhan dikotil dan monokotil**

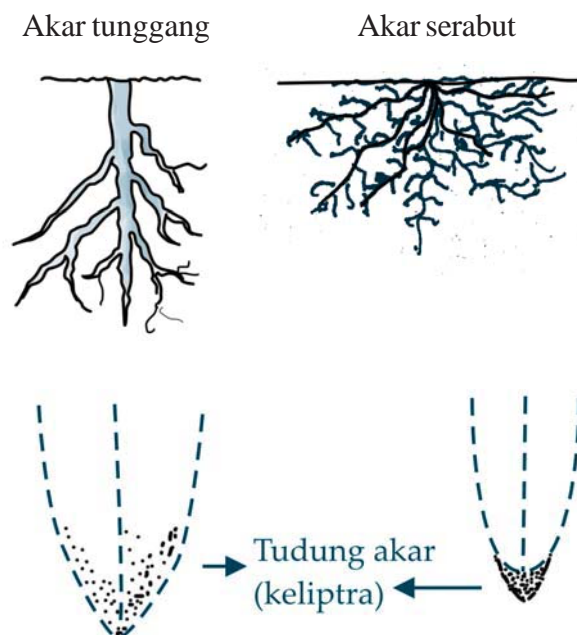
| Pembeda | Dikotil | Monokotil |
|---|---|---|
| 1. Sistem perakaran | Tunggang | Serabut |
| 2. Batas ujung akar dan kaliptra | Tidak jelas | Jelas |
| 3. Susunan perisikel | Terdiri satu lapis berdinding tebal | Beberapa lapis sel berdinding tebal |
| 4. Letak berkas pengangkutan | Pada akar sekunder bersifat kolateral, xilem di dalam dan floem di luar | Pada akar tua berselang-seling |
| 5. Empulur | Empulur sempit pada pusat akar | Empulur luas pada pusat akar |

| Pembeda | Dikotil | Monokotil |
|---|---|---|
| 6. Perisikel | Membentuk cabang akar, meristem sekunder (kambium dan kambium gabus) | Hanya membentuk cabang akar |
| 7. Kambium | Tampak sebagai meristem sekunder | Tidak mempunyai kambium |
| 8. Jumlah lengan protoxilem | 2 sampai 6, jarang lebih | banyak (lebih dari 12) |

**Lihat gambar**

Akar tunggang

Akar serabut

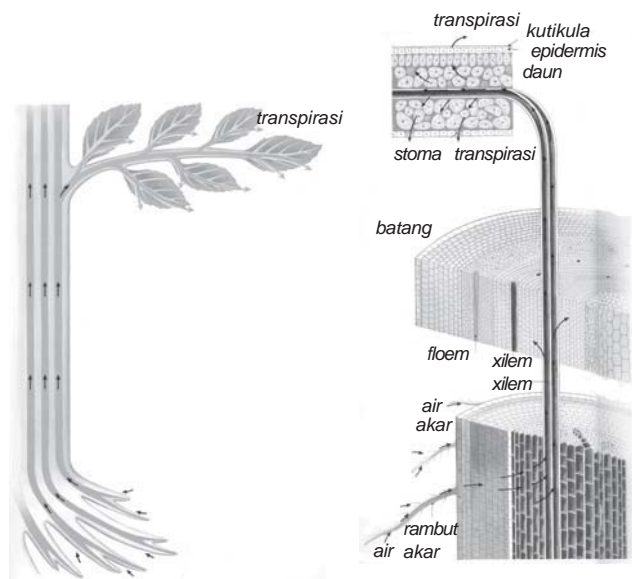
Tudung akar (keliptra)

## 2. Fungsi Akar

Fungsi utama akar adalah untuk menyerap air dan mineral dari tanah sekitarnya. Untuk melakukannya, pada bagian akar dewasa tumbuh rambut-rambut kecil yang kuat untuk mencari jalan di antara butir-butir tanah yang dilapisi air. Akar-akar sekunder yang besar juga membuat cabang-cabang dari akar utama untuk menambah kapasitas penyerapan airnya. Akar juga mempunyai fungsi-fungsi penting lainnya, yaitu menegakkan batang pada tempat tumbuhnya, membantu pernapasan secara difusi, dan sebagai tempat menyimpan cadangan makanan.

## 3. Jalannya air dalam tumbuhan

Air dari dalam tanah masuk sel-sel akar dengan proses yang disebut *osmosis*. Air dalam sel-sel akar mengandung garam-garam dan gula yang terlarut di dalamnya. Tetapi air dalam tanah mengandung lebih sedikit garam dan tidak mengandung gula. Oleh karena itu larutan dalam sel lebih pekat daripada larutan dalam tanah. Kedua larutan itu dipisahkan oleh dinding sel akar yang sangat tipis, disebut *membran*.

Osmosis adalah proses mengalirnya air melalui sebuah membran, karena perbedaan konsentrasi antara dua larutan. Proses osmosis ini, akan menyamakan konsentrasi larutan-larutan tersebut. Dengan demikian air mengalir dari tanah ke dalam sel akar.

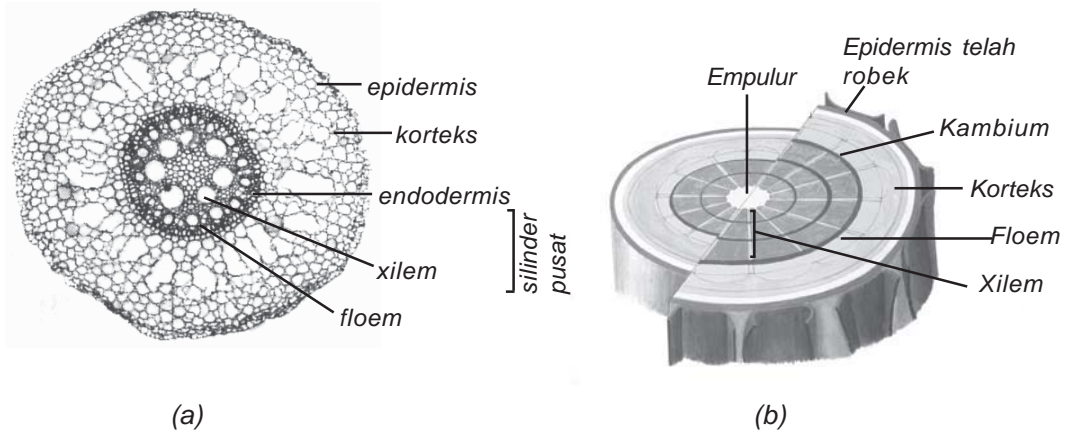
Dengan proses yang sama, air yang telah masuk ke dalam sel akar kemudian mengalir dari satu sel ke sel yang lain hingga mencapai pembuluh khusus yang disebut xilem. Xilem mengalirkan air ke atas menuju daun.

**Gambar 7.12** Skema sirkulasi air dalam tumbuhan
**Sumber:** HDI Time-Life. Dunia Tumbuhan

Selama masih ada air di dalam tanah, air akan terus masuk ke sel tumbuhan melalui rambut-rambut akar secara osmosis. Hal ini mengakibatkan sel mengembang dan tidak dapat dimasuki air lagi. Sel-sel akan tegang oleh air. Tekanan air di dalam sel disebut tekanan turgor. Adanya tekanan turgor menyebabkan batang yang lunak akan menjadi keras dan daun menjadi kaku. Tanpa air yang cukup, sel-sel akan mengempes dan tumbuhan lambat laun akan menjadi layu.

## C. Struktur dan Fungsi Batang

Batang *(caulis)* adalah bagian tumbuhan yang paling pokok sebab batang merupakan tempat tumbuhnya akar dan daun. Pada umumnya batang berbuku-buku.

Batang pertama tumbuh berkembang dari lembaga benih. Suatu batang yang sangat kecil muncul pada saat biji berkecambah. Secara umum, batang bergerak ke atas melalui tanah dan muncul ke udara. Selama titik tumbuhnya tetap hidup, batang dapat menjadi lebih panjang. Jika waktunya tiba cabang-cabang juga akan tumbuh dan berkembang. Jika titik tumbuh batang mati atas dihilangkan, sebuah titik tumbuh akan terbentuk di bawah ujung potongan. Batang yang tumbuh di atas tanah dengan cara tersebut disebut batang udara.

Batang tumbuhan digolongkan menjadi dua, yaitu batang dikotil dan batang monokotil. Perbedaan antara batang dikotil dan monokotil dapat kamu lihat pada **Tabel 7.2.**



**Gambar 7.13** Penampang melintang (a) batang dikotil, dan (b) batang monokotil
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 6

**Tabel 7.2. Perbedaan batang dikotil dan monokotil**

| No. | Dikotil | Monokotil |
|---|---|---|
| 1. | Mempunyai kambium vaskuler. | Tidak mempunyai kambium vaskuler. |
| 2. | Antara xilem dan floem terdapat kambium. | Antara xilem dan floem tidak ada kambium. |
| 3. | Batang bercabang-cabang. | Batang tidak bercabang. |
| 4. | Pembuluh angkut teratur dalam susunan berseling radial. | Pembuluh angkut tersebar. |
| 5. | Mempunyai jari-jari empulur. | Tidak mempunyai jari-jari empulur. |
| 6. | Empulur dapat dibedakan dengan korteks. | Empulur tidak dapat dibedakan dengan korteks. |
| 7. | Hipodermis berupa kolenkim. | Hipodermis berupa sklerenkim. |

## 1. Struktur Batang

Pada ujung batang di samping meristem apikal terdapat jaringan primer dari luar ke dalam berturut-turut terdiri dari jaringan: prototema, yaitu jaringan yang terdapat di luar yang nanti membentuk epidermis: prokambium, yaitu jaringan meristem yang ke dalam membentuk xilem dan ke luar membentuk floem: meristem dasar, yaitu jaringan yang membentuk empulur dan korteks.

Pada batang umumnya dari luar ke dalam terdiri dari:



**Gambar 7.14** Jaringan meristem ujung batang
**Sumber:** HDI Time-Life, Dunia Tumbuhan

### a. *Epidermis*



**Gambar 7.15** (a) lentisel pada epidermis batang, b) lentisel dibesarkan
**Sumber:** HDI Time-Life, Dunia Tumbuhan

Epidermis pada batang tersusun atas selapis sel-sel yang hidup dan mempunyai kemampuan untuk membelah diri sehingga dapat menyesuaikan diri dengan bertambah besarnya batang sampai batas maksimum. Kemudian diganti dengan jaringan gabus yang dibuat dari kambium gabus, yang terletak di luar korteks. Pada epidermis terdapat lentisel yang terbentuk karena kegiatan kambium gabus yaitu sel-sel yang bulat, tidak bergabus, banyak rongga udara. Pada batang kelihatan lentisel, tampak sebagai celah-celah.

## b. Korteks

Letak korteks di bawah epidermis, tersusun dari sel-sel parenkim. Kadang-kadang sel-sel parenkim dindingnya menebal membentuk kolenkim dan sklerenkim berguna untuk menguatkan batang yang susunan sel-selnya berongga. Pertukaran gas dapat terjadi pada lapisan-lapisan paling dalam yang terisi butir-butir tepung. Sehingga sering disebut sarung tepung.

## c. Silinder pusat

Silinder pusat merupakan bagian terdalam dari tumbuhan yang tersusun oleh floem primer, kambium vaskuler, xilem primer, dan empulur.

### 1) Floem primer

Merupakan jaringan komplek yang tersusun oleh beberapa macam sel, yang mampu mengangkut zat organik hasil fotosintesis dari daun, te tempat lain. Misal: sel-sel floem dan serabut floem.

### 2) Kambium vaskuler (kambium berpembuluh)

Jaringan ini terdiri atas sel-sel yang bersifat meristematik. Letak kambium vaskuler di antara xilem dan floem, sehingga jika kambium tersebut membelah ke arah dalam, akan membentuk xilem dan jika membelah ke arah luar, akan membentuk floem. Xilem dan floem yang baru terbentuk, disebut xilem dan floem sekunder.

### 3) Xilem primer

Merupakan jaringan pembuluh yang terbentuk pada pertumbuhan primer. Pembuluh xilem berupa trakea atau trakeid.

### 4) Empulur

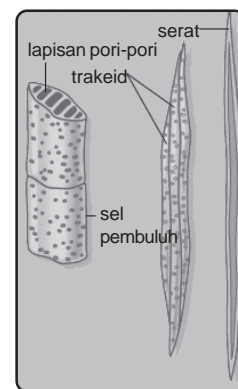
Empulur terletak pada batang bagian terdalam yang terdiri dari parenkim yang sel-selnya berongga (ruang antarsel).

### Peran pembuluh xilem

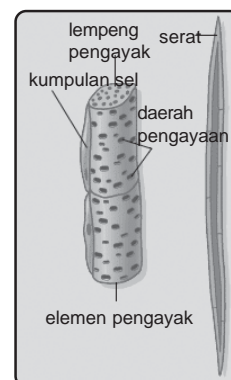
Pada umumnya pembuluh xilem berperan sebagai pengangkut zat-zat dan air dari tanah menuju daun yang melewati xilem dalam akar, xilem dalam batang, dan xilem yang ada pada daun.

Sel-sel yang menyusun jaringan xilem berbentuk panjang-panjang seperti serabut. Berdasarkan hubungan sel-selnya dikenal dua macam xilem.

a. *Trakea*, yaitu dinding batas antara sel-sel penyusunnya telah hilang.

b. *Trakeid*, yaitu dinding batas antara sel-sel tampak berlubang-lubang.

**Gambar 7.16** Struktur xilem
**Sumber:** Encyclopaedia Britannica, Inc

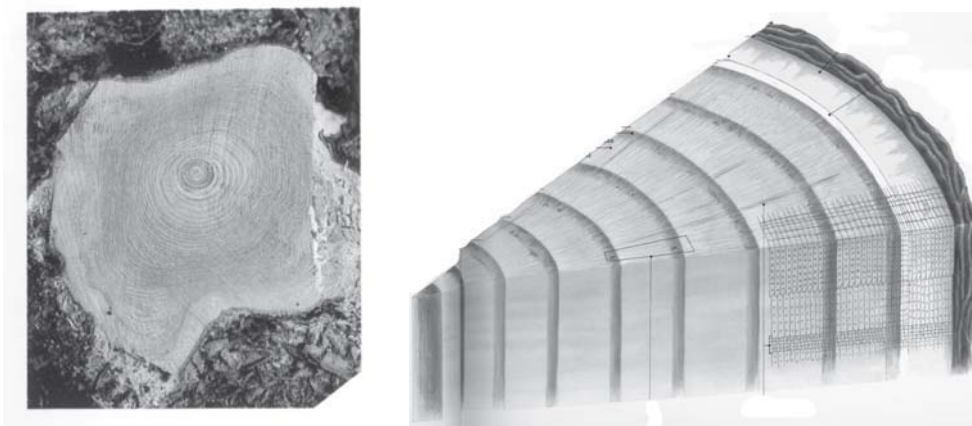
### Peran pembuluh floem

Floem berperan untuk mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh. Floem tersusun dari sel-sel yang berhubung-hubungan dan bentuk sel-selnya panjang. Hubungan sel satu dengan sel lain akan membentuk pembuluh di mana tempat perhubungan sel-sel tersebut terdapat di dinding batas yang berlubang-lubang kecil seperti tapis sehingga disebut pembuluh tapis.



**Gambar 7.17** Struktur floem
**Sumber:** Encyclopaedia Britannica, Inc

## 2. Pertumbuhan batang pada dikotil

Pada tumbuhan dikotil antara xilem dan floem terdapat kambium. Kambium akan selalu membelah ke arah dalam membentuk xilem dan keluar membentuk floem sehingga batang menjadi bertambah besar.

Kegiatan kambium tersebut dipengaruhi tersedianya zat yang dibutuhkan seperti air dan mineral. Pada musim kemarau air sulit didapat, maka pembelahan sel-sel kambium pun juga sedikit, sehingga xilem dan floem sekunder penambahannya sangat tipis. Tetapi di musim penghujan pembelahan sel-sel kambium sangat cepat, sebab kebutuhan air cukup, sehingga xilem dan floem sekunder penambahannya banyak (tebal). Jika batang tersebut dipotong melintang pertumbuhan xilem dan floem sekunder pada musim kemarau dan penghujan akan tampak berbentuk lingkaran-lingkaran yang konsentris, yang disebut *lingkaran tahun*. Umur tumbuhan secara garis besar dapat dilihat melalui banyaknya lingkaran pada batang tersebut.

**Gambar 7.18** *Lingkaran tahun*
*Sumber: HDI Time Life Dunia Tumbuhan*

## 3. Fungsi batang

Seperti halnya akar, batang mempunyai banyak fungsi penting. Batang menghasilkan dan menyangga daun, yang merupakan pusat pembuatan makanan tumbuhan. Batang menyediakan sarana jalan bagi berbagai bahan yang diangkut dalam tumbuhan. Batang juga berfungsi sebagai tempat menyimpan makanan, misalnya tebu, sagu, dan aren. Demikian pula, batang tertentu dapat berfungsi sebagai alat perkembangbiakan secara vegetatif.

# D. Struktur dan Fungsi Daun

Setiap pohon dapat tetap hidup karena daunnya. Meskipun daun mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda, semua daun berfungsi sama. Peranan umumnya adalah memproduksi makanan melalui proses fotosintesis.

Daun juga mempunyai struktur dalam yang hampir sama, yaitu mempunyai banyak klorofil yang berfungsi dalam fotosintesis dan stomata yang berfungsi sebagai lubang udara serta mengatur jumlah air yang mengalir melalui seluruh tumbuhan.

Daun yang lengkap adalah daun yang terdiri dari pelepah daun, tangkai daun, dan helaian daun. Contoh daun pisang, pohon pinang, dan daun bambu. Daun yang tidak lengkap adalah daun yang terdiri dari tangkai daun dan helaian daun atau pelepah daun dan helaian daun. Pada umumnya tumbuhan mempunyai daun yang tidak lengkap.

Seperti batang, daun juga digolongkan menjadi dua, yaitu daun dikotil dan monokotil. Perbedaan daun dikotil dan monokotil dapat kalian pelajari pada **Tabel 7.3.**

**Tabel 7.3. Perbedaan daun tumbuhan dikotil dan monokotil**

| No. | Pembeda | Dikotil | Monokotil |
|---|---|---|---|
| 1. | Morfologi | Tulang daun menjari atau menyirip. | Tulang daun sejajar atau melengkung. |
| 2. | Anatomi | Mesofil dibedakan antara jaringan palisade dengan spons parenkim. | Mesofil tidak dibedakan antara jaringan palisade dan spons. |

## 1. Bentuk morfologi daun (bentuk helaian daun)

### *a. Bentuk daun lebar di atas tengah daun*

Bentuk daun seperti ini terdapat pada:

1) Bentuk segitiga terbalik, contoh: daun semanggi.
2) Bentuk bulat telur sungsang, contoh: daun sawo kecik.

## b. Bentuk ujung daun

Bentuk daun seperti ini terdapat pada:

1) Runcing, contoh: daun oleander.
2) Meruncing, contoh: daun sirsak
3) Membulat, contoh: daun teratai
4) Rompang/rata, contoh: daun semanggi
5) Terbelah, contoh: daun bayam
6) Berduri, contoh: daun nenas

## c. Bentuk daun lebar di tengah

Bentuk daun lebar di tengah terdapat pada:

1) Bentuk bundar, contoh: daun teratai.
2) Bentuk memanjang, contoh: daun srikaya
3) Bentuk lanset, contoh: daun kamboja



**Gambar 7.19** *Beraneka ragam bentuk tepi daun*
*Sumber: HDI Dunia Tumbuhan*

## d. Bentuk daun yang melebar di pangkal daun

Bentuk daun seperti ini terdapat pada:

1) Bentuk bulat telur, contoh: daun kembang sepatu.
2) Bentuk jantung, contoh: daun waru.
3) Bentuk segitiga, contoh: daun bunga pukul empat.

## e. Bentuk tepi daun

Contoh bentuk daun seperti ini adalah:

1) Berombak, contoh: daun air mata pengantin.
2) Bergerigi, contoh: daun lantana.
3) Beringgik, contoh: daun cocor bebek.
4) Bergigi, contoh: daun beluntas.

## f. Susunan tulang daun

Contoh bentuk morfologi daun seperti ini adalah:

1) Sejajar, contoh: daun teki.
2) Menjari, contoh: daun ketela pohon.
3) Melengkung, contoh: daun gadung.
4) Menyirip, contoh: daun mangga.

## 2. Struktur daun

Daun juga mempunyai struktur seperti batang yaitu mempunyai epidermis, jaringan parenkim, dan jaringan pengangkut (jaringan vaskuler).

### a. *Epidermis*

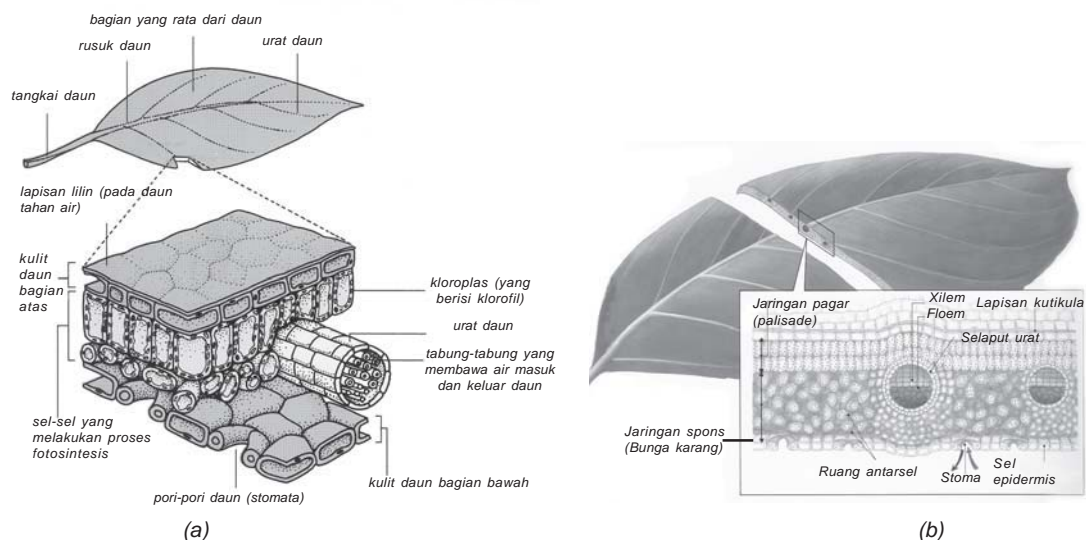
Pada umumnya daun itu pipih dan lebar, maka untuk melindungi agar penguapan tidak terlalu banyak daun dilapisi kutikula dan kadang-kadang mempunyai lapisan lilin. Epidermis daun terletak di permukaan atas dan permukaan bawah. Pada epidermis bawah ada yang berubah bentuk menjadi stomata (mulut daun) yang dilengkapi dengan sel penutup gunanya untuk mengatur transpirasi dan masuknya gas karbondioksida ($CO_2$) pada saat fotosintesis berlangsung (siang hari) dan keluarnya oksigen sebagai hasil dari fotosintesis.

### b. *Jaringan pengangkutan (berkas pengangkutan)*

Berkas pengangkutan pada daun berupa xilem dan floem, terdapat pada tulang daun yang susunannya seperti pada batang.

### c. *Jaringan parenkim*

Jaringan ini terletak di antara epidermis atas dan epidermis bawah yang disebut *mesofil* yang berbentuk jaringan pagar (*palisade parenkim)* dan jaringan spons *(spons parenkim)*. Pada palisade parenkim banyak mengandung klorofil, sehingga jaringan ini berperan dalam fotosintesis. Spons parenkim juga mengandung klorofil tetapi lebih sedikit dibanding palisade parenkim.

Spons parenkim terletak di bawah epidermis dan bentuknya memanjang, dan spons parenkim di bawahnya bentuknya tidak teratur dan susunan sel-selnya renggang (terdapat ruang antarsel) maka disebut juga jaringan *bunga karang*.


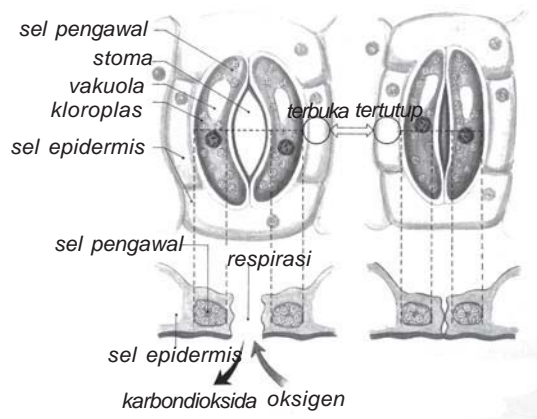

**Gambar 7.20** (a) Struktur daun, dan (b) penampang melintang daun
**Sumber:** HDI Time-Life. Dunia Tumbuhan

## 3. Fungsi daun

Daun memiliki banyak fungsi, selain sebagai tempat membuat makanan melalui proses fotosintesis, daun juga sebagai alat transpirasi, serta sebagai alat pertukaran gas karbondioksida dan oksigen.

## 4. Proses membuka dan menutupnya stomata

Proses membuka dan menutupnya stomata banyak dipengaruhi oleh intensitas cahaya di sekitarnya. Jika intensitas cahaya kuat, maka stomata membuka, sebaliknya juga intensitas cahaya rendah (lemah) atau dalam keadaan gelap, stomata akan menutup.

Oleh karena itu, pada siang hari stomata lebih banyak terbuka, sehingga proses transpirasi sangat besar. Gerakan membuka dan menutupnya stomata ini juga disebabkan oleh mengembang dan mengkerutnya sel pengawal (sel penutup).

**Gambar 7.21** Membuka menutupnya stomata
**Sumber:** HDI Time-Life. Dunia Tumbuhan

Pada saat cahaya kuat, sel pengawal (penutup) menyerap air dari sel tetangga, yang mengakibatkan sel pengawal mengembang dan tegang. Kondisi ini mengakibatkan bagian dinding sel yang lentur tertarik di belakang ke arah sel tetangga dan bagian dinding sel yang berbatasan dengan lubang stomata ikut tertarik. Hal ini yang menjadikan stomata terbuka sehingga uap air dari dalam rongga antarsel keluar.

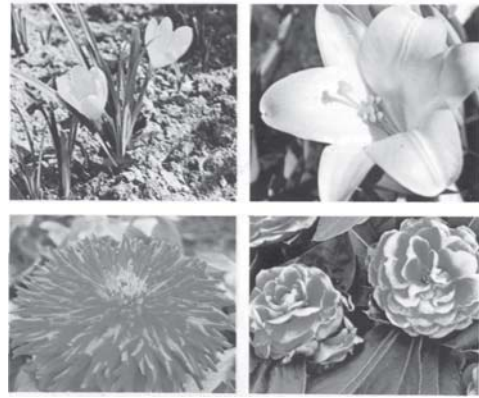
Pada saat cahaya lemah atau gelap, sel pengawal kehilangan air karena air dari sel pengawal kembali ke sel tetangga. Hal ini mengakibatkan sel pengawal mengerut dan lemas sehingga stomata tertutup.

### Wawasan Kontekstual

Carilah bermacam-macam daun di sekitar rumahmu, sebanyak 10 macam.

1. Tulislah ciri-ciri daun tersebut!
2. Kelompokkan mana daun dikotil dan daun monokotil.
3. Tulislah ciri-ciri daun dikotil dan daun monokotil, kemudian kumpulkan!

# E. Struktur dan Fungsi Bunga

Bunga adalah alat untuk berkembang biak dari semua tumbuhan. Bagi kelompok *Angiospermae*, tumbuhan yang sudah dewasa akan membuat bunga, tetapi ada tumbuhan yang tidak membuat bunga, misalnya kelompok *Gymnospermae* (tumbuhan paku, dan tumbuhan lumut). Di dalam bunga terdapat alat-alat reproduksi yaitu benang sari (alat kelamin jantan), dan putik (alat kelamin betina), tetapi ada juga bunga yang hanya memiliki putik saja disebut bunga betina, sedangkan yang hanya memiliki benang sari saja disebut bunga jantan. Bunga yang memiliki keduanya disebut *hermaprodit*.

**Gambar 7.22** Bermacam-macam bunga
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 6

Bagian-bagian bunga tersusun dalam cincin pada ujung tangkai bunga. Bagian ini memiliki bermacam-macam bentuk dan ukuran, tetapi semuanya memiliki fungsi yang sama. Bunga sempurna mempunyai empat bagian utama yaitu kelopak bunga, mahkota bunga, putik, dan benang sari.

## 1. Struktur bunga

### a. *Kelopak bunga (kalik)*

Merupakan bagian bunga yang terletak pada dasar bunga. Kelopak bunga seringkali berwarna hijau dan tampak seperti daun kecil. Kelopak bunga membungkus dan melindungi bunga pada saat kuncup. Pada saat bunga tersebut mekar kelopak bunga biasanya terletak dekat tangkai bunga.

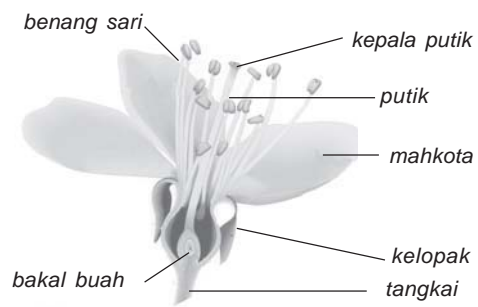
### b. *Mahkota bunga (korola)*

Sebagian besar bunga memiliki mahkota bunga. Setiap mahkota bunga mempunyai bau yang khas dan warna-warna yang menarik. Hal tersebut bertujuan untuk menarik serangga agar mengambil madu dan memindahkan serbuk sari dari satu bunga ke bunga lain. Mahkota bunga sering disebut perhiasan bunga.

### c. *Putik (stilus)*

Putik adalah alat kelamin betina dari sebuah bunga. Tiap putik memiliki pangkal yang menggelembung disebut bakal buah (*ovarium*), berisi satu atau lebih bakal biji (*ovum*). Bakal biji ini mengandung sel kelamin betina dari tumbuhan tersebut. Pada ujung bagian yang menggelembung terdapat kepala putik (*stigma*) yang mempunyai tempat penempelan serbuk sari.

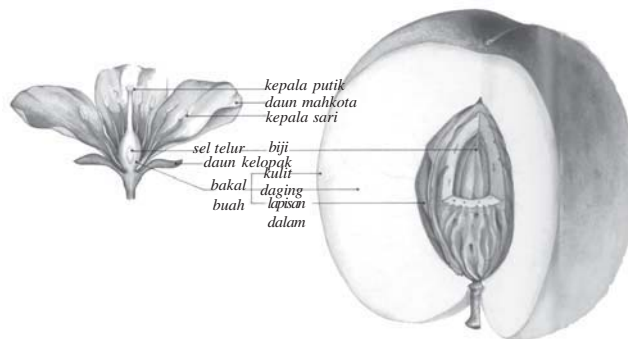
## d. Benang sari (stamen)

Benang sari adalah alat kelamin jantan dari sebuah bunga. Tiap benang sari terdiri atas sebuah tangkai sari (*filamentum*) dan sepasang kepala sari sebagai tempat sepasang kantong sari. Kantong sari adalah kantong berbentuk seperti sosis yang berisi serbuk sari. Serbuk sari mengandung sel kelamin jantan dari tumbuhan tersebut.

**Gambar 7.23** Bagian-bagian bunga lengkap
**Sumber:** Kamus Visual

## 2. Fungsi bunga

Bunga bukan hanya indah dipandang, melainkan juga mempunyai tugas yang penting bagi tumbuhan itu sendiri. Fungsi bunga antara lain sebagai alat berkembang biak, untuk perhiasan, dan untuk menarik serangga agar membantu proses penyerbukan.

# F. Buah (*Karpium*)

Pada bunga yang telah mengalami proses penyerbukan (sampainya serbuk sari ke kepala putik) maka serbuk sari akan terisap dan menuju ke bakal buah sehingga terjadilah proses pembuahan (*fertilisasi*), yaitu proses meleburnya inti sperma dengan inti sel telur yang menghasilkan *zigot*. Pembuahan akan mengakibatkan bakal buah menjadi buah dan bakal biji menjadi biji, kadang-kadang zigot akan berkembang menjadi lembaga dan menjadi tumbuhan baru. Pada saat itu, benang sari, mahkota, dan kelopak mulai gugur. Bagian buah terdiri dari beberapa lapisan: *eksokarpium*, yaitu lapisan buah bagian luar, *mesokarpium*, yaitu lapisan buah bagian tengah; *endokarpium*, yaitu lapisan buah bagian dalam, karpel yaitu pembungkusan buah.

**Gambar 7.24** Pada bunga yang telah mengalami penyerbukan akan diikuti proses pembuatan sehingga terbentuk buah
**Sumber:** HDI Time-Life. Dunia Tumbuhan

Berdasarkan asal terbentuknya buah dibedakan menjadi:

1. Buah sejati, yaitu jika buah berasal dari bakal buah. Contoh: buah mangga, pepaya, rambutan, dan lain-lain.

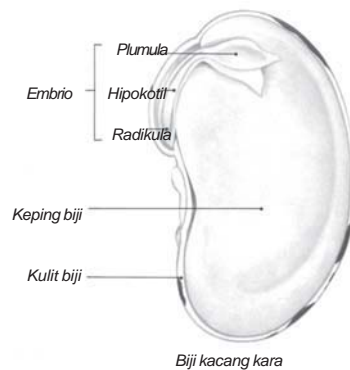
2. Buah tidak sejati (semu), yaitu buah yang dibentuk dari selain bakal buah, misalnya dari kelopak bunga tangkai bunga, atau daun bunga yang berubah menjadi buah.

   Contoh:

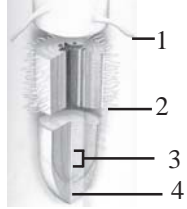
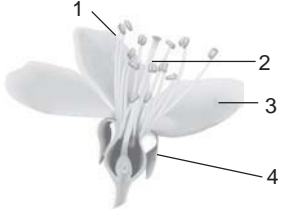
   a) Jambu mete, buah berasal dari tangkai yang dipakai untuk menyimpan makanan.
   b) Nangka, buah berasal dari daun bunga yang dipakai untuk menyimpan makanan.
   c) Ciplukan, buah berasal dari kelopak yang dipakai untuk menyimpan makanan.
   d) Nanas, buah berasal dari daun bunga.
   e) Apel, buah berasal dari dasar bunga yang membesar.

Fungsi buah di antaranya adalah melindungi dan membantu dalam proses penyebaran biji, sehingga tumbuh jauh dari induknya. Contohnya buah beringin mempunyai biji yang kecil-kecil di dalamnya yang sulit dicerna, kemudian ada burung yang memakan buah beringin tersebut. Biji tersebut kemudian dibawa terbang jauh dari pohon beringin. Meskipun telah dicerna di dalam perut burung, biji yang keras itu tidak hancur, sehingga pada saat dia mengeluarkan kotoran, biji tersebut ikut keluar dan tumbuh di tempat yang jauh dari induknya.

## G. Biji (*Sperm*)

Biji merupakan alat perkembangbiakan yang khas untuk tumbuh-tumbuhan berbiji. Pada beberapa tumbuhan *gymnospermae* (pinus dan cemara) biji-bijinya dihasilkan pada permukaan sisik. Biji-bijinya berkumpul dalam kelompok-kelompok yang disebut tunjung. Pada tumbuhan *Angiospermae* (tumbuhan berbunga) biji dihasilkan dalam bangun pengurung yang dikenal sebagai buah. Pada saat buah matang, buah pecah atau merekah terbuka, sehingga membebaskan biji-biji yang terkurung tersebut. Setelah salah satu di antara biji-biji tersebut bersemi, lembaganya tumbuh menjadi sebatang tumbuhan baru. Biji dapat tumbuh dengan mengambil cadangan makanan yang tersimpan di dalam endosperm atau kotiledon. Biji tersusun atas kulit biji, keping biji, dan embrio.



**Gambar 7.25** Bagian-bagian biji
**Sumber:** HDI Time-Life. Dunia Tumbuhan

## Rangkuman

1. Susunan akar terdiri dari: epidermis, korteks, dan silinder pusat.
2. Fungsi akar menyerap air dan mineral yang ada di sekitarnya.
3. Susunan batang terdiri dari: epidermis, korteks, dan silinder pusat.
4. Tumbuhan dikotil punya kambium, sedangkan tumbuhan monokotil tidak berkambium.
5. Fungsi batang ialah menyangga daun, menegakkan batang, dan menyimpan cadangan makanan.
6. Daun berfungsi sebagai alat fotosintesis.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Stomata pada umumnya terletak pada bagian ....
   a. tepi daun
   b. permukaan bawah daun
   c. permukaan atas daun
   d. ujung daun

2. Berikut ini yang **bukan** merupakan fungsi akar adalah ....
   a. pelindung tumbuhan
   b. tempat menyimpan cadangan makanan
   c. menyerap air dan garam mineral dari dalam tanah
   d. menegakkan berdirinya batang

3. Susunan tulang daun pada tumbuhan dikotil adalah ....
   a. sejajar atau menyirip
   b. menyirip atau menjari
   c. melengkung atau sejajar
   d. melengkung dan menjari

4. Urutan jaringan-jaringan pada batang dari luar ke dalam adalah ....
   a. epidermis - korteks - stele
   b. epidermis - stele - korteks
   c. korteks - stele - epidermis
   d. stele - korteks - epidermis

5. Perhatikan gambar di bawah. Jaringan meristem ditunjukkan pada nomor ....



   a. 1
   b. 2
   c. 3
   d. 4

6. Urutan jaringan pada daun mulai dari atas ke bawah adalah ....
   a. epidermis atas - spons parenkim - palisade parenkim - epidermis bawah
   b. epidermis atas - parenkim - spons parenkim - epidermis bawah
   c. epidermis atas - palisade parenkim - spons parenkim - epidermis bawah
   d. epidermis atas - xilem - floem - epidermis bawah

7. Letak xilem sekunder pada batang adalah ....
   a. di antara kambium dan xilem
   b. di antara stele dan xilem primer
   c. di pangkal batang
   d. di antara kulit dan floem primer

8. Bunga yang hanya memiliki putik saja disebut ....
   a. bunga tidak sempurna
   b. bunga jantan
   c. bunga betina
   d. bunga sempurna

9. Bagian akar yang mengatur jalannya air dan mineral dari korteks ke silinder pusat adalah ....
   a. enodermis
   b. floem
   c. xilem
   d. epidermis

10. Perbedaan tumbuhan dikotil dan monokotil seperti di bawah ini, **kecuali** ....
    a. dikotil akar tunggang, monokotil akar serabut
    b. dikotil biji berkeping belah, monokotil berkeping tunggal
    c. dikotil antara xilem dan floem ada kambium, monokotil tidak
    d. dikotil batang tidak bercabang, monokotil bercabang

11. Jaringan pada daun yang paling banyak mengandung klorofil adalah ....
    a. jaringan epidermis atas
    b. jaringan spons
    c. jaringan pagar (palisade parenkim)
    d. epidermis bawah

12. Pada jambu mete, buahnya merupakan perubahan dari ....
    a. daun buahnya
    b. kelopak bunganya
    c. tangkai
    d. mahkota bunganya

13. Pembuluh floem juga disebut pembuluh tapis, sebab ....
    a. batas antara sel satu dengan sel yang lain bersekat
    b. batas antara sel satu dengan sel yang lain sekatnya berlubang-lubang kecil
    c. batas antara sel satu dengan sel yang lain berlubang di tengah
    d. batas antara sel satu dengan sel yang lain tidak bersekat

14. Virus yang menyerang daun tembakau sehingga menimbulkan bercak-bercak pada daun adalah ....
    a. TMV
    b. CVPD
    c. virus tungro
    d. virus embun tepung

15. Lihat gambar berikut!
    Kelopak, mahkota, benang sari, dan putik berturut-turut ditunjukkan oleh nomor ....

    a. 2, 3, 1, 4
    b. 3, 4, 1, 2
    c. 4, 3, 1, 2
    d. 3, 4, 1, 2

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

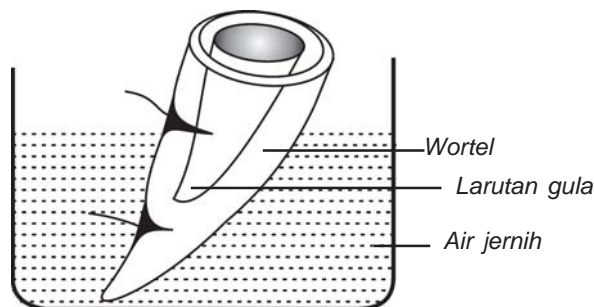
1. Apa yang dimaksud lingkaran tahun?
2. Sebutkan perbedaan antara akar dikotil dan monokotil!
3. Apa fungsi jaringan endodermis pada akar?
4. Apa yang dimaksud bunga sempurna dan bunga tidak sempurna?
5. Apa yang dimaksud buah sejati dan buah semu?

## Tugas Proyek

**Tujuan:** Membuktikan adanya proses osmosis pada peresapan air oleh tumbuhan.

**Alat dan bahan:**

1. Sebuah wortel
2. Gula pasir atau garam
3. Pisau
4. Air secukupnya
5. Gelas

Wortel
Larutan gula
Air jernih

**Cara kerja:**

1. Susunlah alat dan bahan seperti pada gambar di samping!
2. Biarkan percobaan tersebut selama kurang lebih 60 menit.
3. Amati perubahan kedudukan larutan gula pasir yang ada di dalam wortel, apakah ada kenaikan atau tidak

**Pertanyaan:**

1. Apakah gula dalam wortel menjadi berair?
2. Dari mana air tersebut berasal?
3. Mengapa air tersebut dapat masuk ke dalam wortel?
4. Apa yang dapat kamu simpulkan dari pencobaan yang telah kamu lakukan?

Bab VIII

# Proses Perolehan Nutrisi dan Transformasi Energi pada Tumbuhan

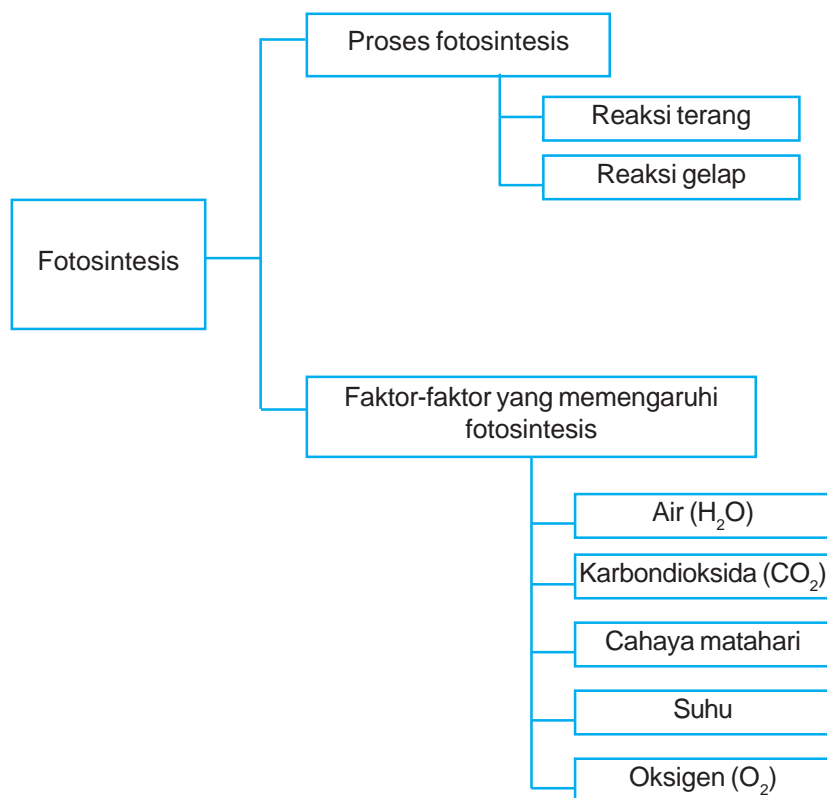
## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:
1. menyebutkan proses fotosintesis.
2. menyebutkan faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis.

**Sumber:** www.wikipedia.org

Tidak diragukan lagi bahwa tumbuhan mempunyai peran yang besar untuk menyokong kehidupan di bumi. Kita mendapatkan karbohidrat sebagai sumber energi untuk hidup dari tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Tahukah kamu bagaimana proses fotosintesis pada tumbuhan hijau? Apa sajakah yang memengaruhi proses fotosintesis tersebut? Pelajari dengan seksama bab ini agar kamu lebih memahami tentang proses fotosintesis pada tumbuhan.

## Peta Konsep

- Fotosintesis
  - Proses fotosintesis
    - Reaksi terang
    - Reaksi gelap
  - Faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis
    - Air ($H_2O$)
    - Karbondioksida ($CO_2$)
    - Cahaya matahari
    - Suhu
    - Oksigen ($O_2$)

## Kata Kunci

- fotosintesis
- klorofil
- autothrof

Setiap tumbuhan yang berklorofil pasti melakukan proses fotosintesis. Hasil fotosintesis dipergunakan untuk aktivitas hidupnya, sisanya disimpan di dalam akar, batang, daun, maupun buah. Hewan dan manusia sangat tergantung pada hasil fotosintesis tumbuhan tersebut. Coba, kamu bayangkan bagaimana kelangsungan hidup hewan dan manusia jika tumbuhan tidak ada.

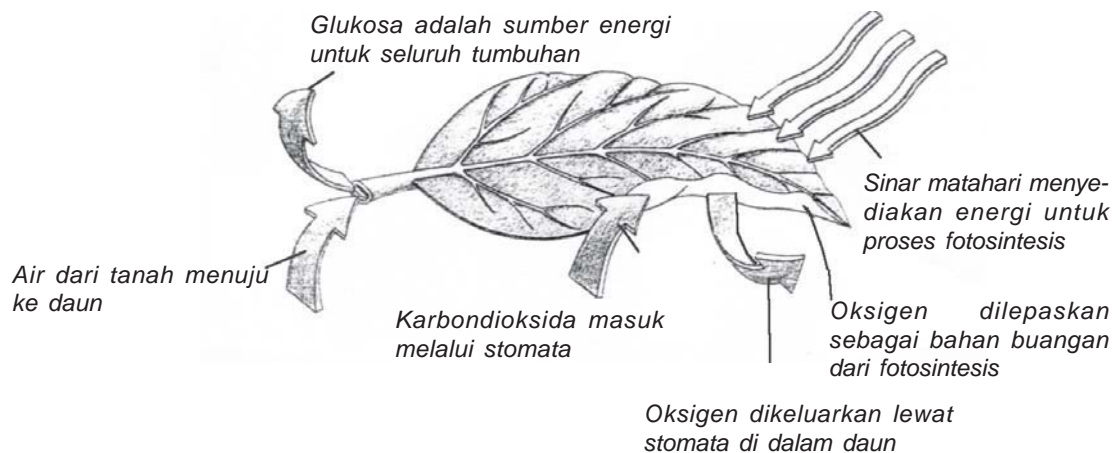
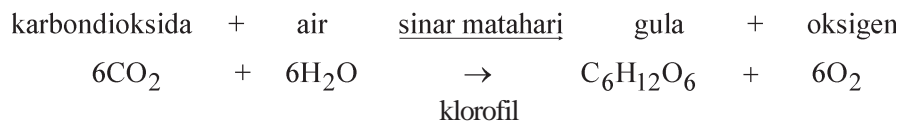
Untuk melaksanakan fotosintesis, tumbuhan membutuhkan gas karbondioksida ($CO_2$) yang ada di udara, dan air ($H_2O$) yang ada di dalam tanah. Dengan bantuan sinar matahari, kedua zat tersebut diubah menjadi gula yang nantinya akan dimanfaatkan oleh hewan, tumbuhan, dan manusia.

## A. Proses Fotosintesis

Fotosintesis adalah mengolah bahan sederhana menjadi bahan yang lebih kompleks dengan bantuan sinar matahari. Bahan sederhana tersebut adalah air dan gas karbon dioksida.

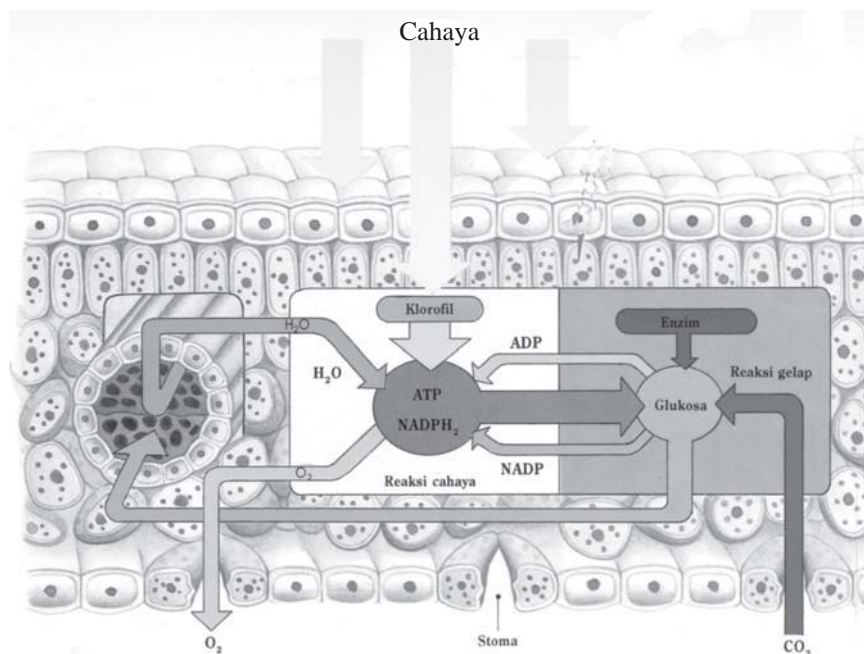
Proses reaksi fotosintesis di dalam daun dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{karbondioksida} + \text{air} \xrightarrow{\text{sinar matahari}} \text{gula} + \text{oksigen}$$

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{klorofil}]{} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$



**Gambar 8.1** Proses fotosintesis
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 6

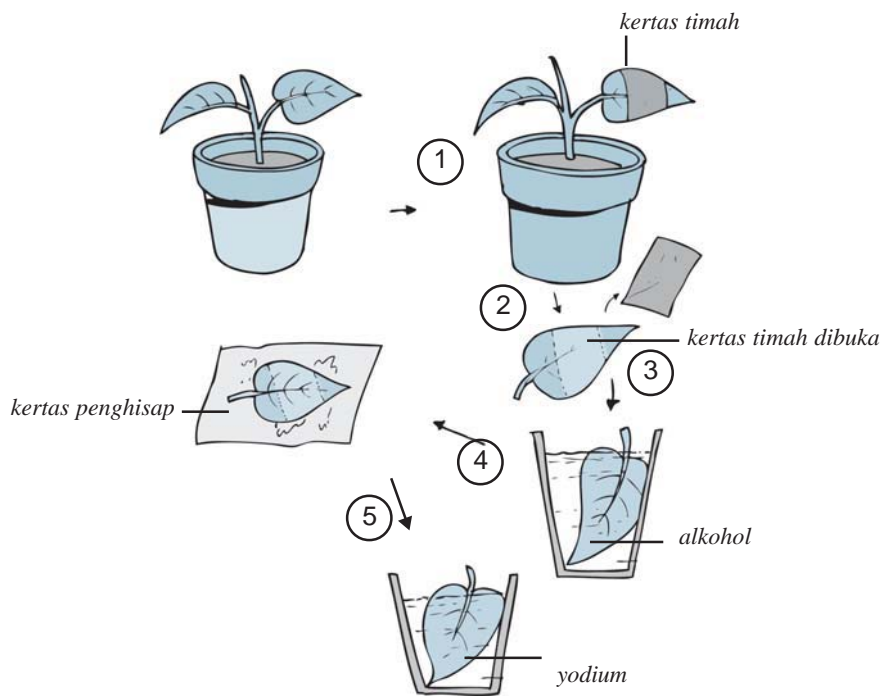
Fotosintesis terjadi dalam dua rangkaian reaksi kimia yang berurutan. Pada rangkaian reaksi pertama, dikenal sebagai reaksi terang. Reaksi ini membutuhkan cahaya matahari.

Pada reaksi terang, klorofil menangkap dan menyerap cahaya matahari dan menyimpan energi matahari. Di sini terjadi pemecahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen. Sedang pada reaksi gelap tidak membutuhkan cahaya matahari. Pada reaksi gelap terjadi penggabungan antara gas karbondioksida ($CO_2$) yang diambil dari udara dengan hidrogen hasil pemecahan molekul air dengan bantuan energi yang telah disimpan dari hasil reaksi terang, untuk dijadikan glukosa dan menghasilkan oksigen ($O_2$) yang nanti dilepas di udara. Jadi hasil reaksi terang adalah oksigen dan hidrogen, sedang pada reaksi gelap dihasilkan gula ($C_6H_nO_6$) dan oksigen.

**Gambar 8.2** Reaksi gelap dan terang pada proses fotosintesis
**Sumber:** HDI, Time-Life. Dunia Tumbuhan

## Mari Bereksperimen

**Tujuan** : Membuktikan bahwa daun yang berwarna hijau melakukan fotosintesis.

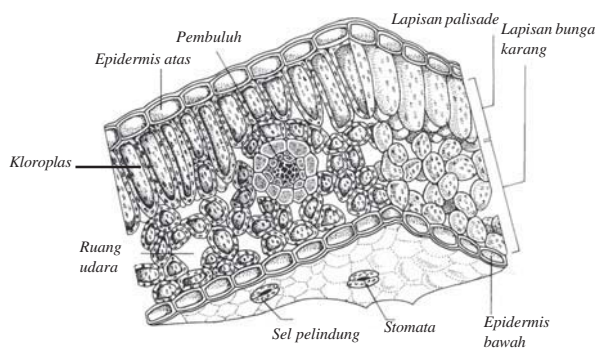
**Bahan** : Tumbuhan dalam pot
Kertas timah
Larutan yodium
Kertas pengisap

**Langkah** :
- Pilih salah satu daun pada tumbuhan tersebut
- Tutup lak sebagian daun dengan kertas timah
- Letakkan pot tersebut di tempat terbuka yang terkenal sinar matahari
- Setelah ± minggu petik daun tersebut dan bukalah kertas timahnya.
- Masukkan daun tersebut ke dalam alkohol beberapa menit untuk melarutkan klorofil.
- Letakkan daun di atas kertas pengisap, agar kering.
- Celupkan daun tersebut ke dalam larutan yodium.
- Angkat dan keringkan daun
- Amati perubahan warna pada daun yang tidak ditutup dengan bagian daun yang tertutup.
- Apa kesimpulanmu?



Hasil fotosintesis berupa gula yang kemudian akan diangkut melalui floem ke seluruh bagian tumbuhan, dan sisanya diubah dalam bentuk amilum, protein, dan lemak sebagai cadangan makanan disimpan pada batang, akar, dan daun.

## B. Bagian Daun yang Berperan dalam Fotosintesis

Daun yang mengandung kloroplas berperan untuk proses fotosintesis. Jaringan-jaringan pada daun yang banyak mengandung klorofil, yaitu *pali-sade parenkim* (jaringan pagar).

Oleh karena itu, bagian palisade parenkim berperan penting di dalam fotosintesis, karena memiliki jumlah klorofil paling banyak. Jaringan spons juga memiliki klorofil tetapi tidak sebanyak pada palisade parenkim. Jaringan spons parenkim dan palisade parenkim merupakan daerah mesofil. Jadi, daerah mesofil berperan penting dalam fotosintesis.



**Gambar 8.3** Penampang melintang daun
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 6

## C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Fotosintesis

Tumbuhan dalam melaksanakan fotosintesis sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut.

### 1. Cahaya Matahari

Cahaya matahari merupakan sumber energi yang paling besar dan tidak akan habis. Semua makhluk hidup sangat tergantung dari sumber energi tersebut. Proses fotosintesis tidak akan berjalan tanpa sinar matahari karena klorofil tidak mampu mereaksikan air dan karbon dioksida. Cahaya akan diserap pada bagian mesofil daun yang banyak mengandung klorofil.

### 2. Klorofil

Daun berwarna hijau karena mengandung klorofil. Klorofil merupakan bagian yang sangat penting, karena klorofil mampu mengubah energi matahari menjadi energi kimia sehingga

proses fotosintesis dapat berjalan. Untuk membentuk klorofil dibutuhkan garam mineral seperti Mg, N, dan Fe yang diambil dari dalam tanah oleh akar. Agar tumbuh-tumbuhan subur dan daunnya kelihatan hijau diperlukan pupuk yang mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan tersebut.

> **Info Sains**
>
> Aspek Kimiawi dari Fotosintesis
>
> Fotosintesis berarti "dipersatukan oleh cahaya". Skema fotosintesis, daun-daun tanaman menangkap energi dari sinar matahari dalam zat hijau daun yang disebut klorofil. Energi ini lalu dipergunakan untuk membentuk molekul glukosa dari air dan karbon dioksida. Oksigen dikeluarkan sebagai produk sisa, glukosa digunakan untuk membangun bahan-bahan seperti selulosa atau yang kemudian diubah untuk mendapatkan energi. Fotosintesis mengubah 70 ribu juta ton karbon dioksida menjadi bahan organik setiap tahun.
>
> *Sumber : Jendela Iptek, Kehidupan*

## 3. Air ($H_2O$)

Air yang cukup sangat dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Jika kekurangan air daun-daun akan layu, sel-sel tumbuhan akan kekurangan air sehingga protoplasma dalam sel kering, terutama pada daun. Hal ini mengakibatkan mulut daun (stomata) menutup, akibatnya bahan pokok yang lain yaitu karbon dioksida ($CO_2$) tidak dapat berdifusi masuk ke dalam daun, sehingga proses fotosintesis tidak berjalan.

## 4. Karbon dioksida ($CO_2$)

Karbon dioksida ($CO_2$) yang ada di udara merupakan komponen yang penting selain air untuk proses fotosintesis. Karbon dioksida masuk ke daun melewati stomata.

## 5. Oksigen ($O_2$)

Kadar oksigen di udara lebih banyak dibanding dengan kadar karbon dioksida ($CO_2$). Tumbuhan memang bernapas membutuhkan oksigen tetapi kebutuhan karbon dioksida harus tercukupi. Jika kadar $O_2$ meningkat di udara, hal tersebut dapat menghambat proses fotosintesis, karena adanya persaingan antara oksigen dan karbon dioksida dalam mendapat hidrogen.

## 6. Suhu

Setiap makhluk hidup membutuhkan suhu optimal agar dapat hidup dengan baik. Jika suhu terlalu panas maka enzim-enzim yang ada akan rusak tetapi jika suhu terlalu dingin pun enzim-enzim tidak berfungsi. Agar dapat bekerja dengan baik dibutuhkan suhu sekitar 10 - 35°C.

Coba perhatikan udara yang ada di daerah pegunungan. Di samping udaranya lembap, suhunya juga sesuai, maka proses fotosintesis akan berjalan baik. Oleh karena itu, di pegunungan terasa sejuk dan segar.

## Kecakapan Personal

Ada tumbuhan ketela pohon yang tumbuh terlindung oleh pohon yang besar dan ada tumbuhan ketela pohon yang tumbuh di tempat terbuka.

1. Bagaimana hasil dari kedua ketela pohon tersebut?
2. Diskusikan dengan teman-temanmu, kemudian buatlah laporan sebagai tugas portofolio!

## Rangkuman

- Fotosintesis ialah mengolah bahan sederhana menjadi bahan yang lebih kompleks dengan bantuan sinar matahari.
- Bagian daun yang berperan melakukan fotosintesis ialah pada *palisade parenkim* (jaringan pagar).
- Proses fotosintesis seperti:

  Air + gas asam arang

  ($H_2O$) ($CO_2$)

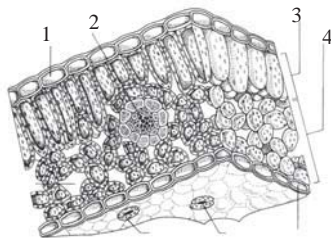
  dengan bantuan sinar matahari menjadi gula ($C_6H_{12}O_6$) dan mengeluarkan gas oksigen

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Tumbuhan melaksanakan fotosintesis membutuhkan cahaya matahari. Di bawah ini yang merupakan fungsi cahaya matahari adalah ....
   a. membuat gula
   b. menggabungkan air dan karbon dioksida
   c. memecahkan molekul air menjadi ion-ionnya
   d. membentuk karbohidrat
2. Fotosintesis membutuhkan gas karbon dioksida ($CO_2$) yang diambil dari udara lewat ....
   a. epidermis daun
   b. akar
   c. lentisel
   d. stomata

3. Faktor-faktor yang berperan dalam fotosintesis adalah ....
   a. air, gula, dan $CO_2$
   b. air, $CO_2$, dan oksigen
   c. air, $CO_2$, klorofil, dan cahaya
   d. air, gula, klorofil, dan cahaya
4. Pada daun, jaringan yang paling banyak mengandung klorofil adalah ....
   a. jaringan epidermis atas
   b. jaringan palisade
   c. jaringan spons
   d. jaringan epidermis bawah
5. Untuk membentuk klorofil, dibutuhkan garam mineral di bawah ini, **kecuali** .... ....
   a. Mg
   b. N
   c. Fe
   d. Hg
6. Lihatlah gambar penampang daun berikut.

   Bagian penting dalam fotosintesis karena mengandung klorofil terbanyak adalah nomor ....
   a. nomor 1 c. nomor 3
   b. nomor 2 d. nomor 4
7. Proses yang terjadi pada reaksi terang adalah ....
   a. klorofil memecah molekul air
   b. penggabungan $H_2O$ dan $CO_2$
   c. $CO_2$ bergabung dengan ion hidrogen
   d. pengikatan $CO_2$ oleh daun
8. Kedudukan daun juga memengaruhi fotosintesis, kedudukan daun disebut ....
   a. filokasis c. filotaksis
   b. fotolisis d. fotosintesis
9. Hubungan kenaikan kadar oksigen di udara dengan fotosintesis adalah ....
   a. mempercepat fotosintesis
   b. menghasilkan gula lebih banyak
   c. menghambat fotosintesis
   d. mempercepat pengikatan $CO_2$
10. Reaksi fotosintesis di bawah ini yang benar adalah ....
   a. gula + air $\rightarrow$ $CO_2$ + oksigen
   b. $CO_2 + H_2O \rightarrow$ gula + energi
   c. $6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
   d. $6\ CO_2 + H_2O \rightarrow 6\ C_6H_{12} + 6O_2$

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!

1. Apa yang disebut reaksi terang?
2. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis!
3. Sebutkan faktor-faktor yang berperan dalam fotosintesis!
4. Apa arti dari fotosintesis?
5. Buktikan bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen!

## Tugas Proyek

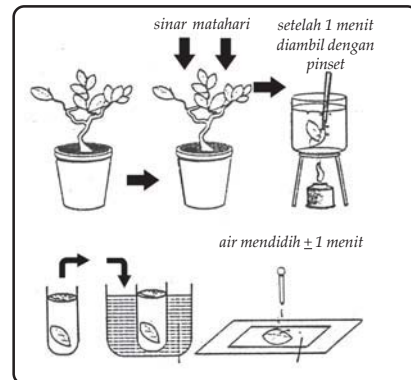
**Tujuan:** Untuk mengetahui apakah daun yang berfotosintesis menghasilkan karbohidrat.

**Alat dan bahan:**

1. Tanaman di dalam pot
2. Kompor
3. Pinset
4. Tabung reaksi
5. Gelas beker
6. Stop wacth
7. Alkohol
8. Larutan yodium
9. Kertas penghisap

sinar matahari

setelah 1 menit diambil dengan pinset

air mendidih ± 1 menit

**Cara kerja:**

1. Siapkan tanaman dalam pot kemudian letakkan pot tersebut di bawah sinar matahari mulai dari pagi sampai siang.
2. Setelah jam satu siang, petiklah satu daun kemudian dengan pinset, rendamlah dalam air mendidih selama satu menit.
3. Ambil daun yang direndam dengan pinset, kemudian masukkan dalam tabung reaksi yang berisi alkohol selama 10 menit.
4. Masukkan tabung reaksi ke dalam beker gelas yang berisi air panas.
5. Ambil daun yang direndam dengan pinset, letakkan di atas kertas isap kemudian tetesi dengan iodium. Apa yang terjadi? Buatlah kesimpulan.

Bab IX

# Gerak pada Tumbuhan

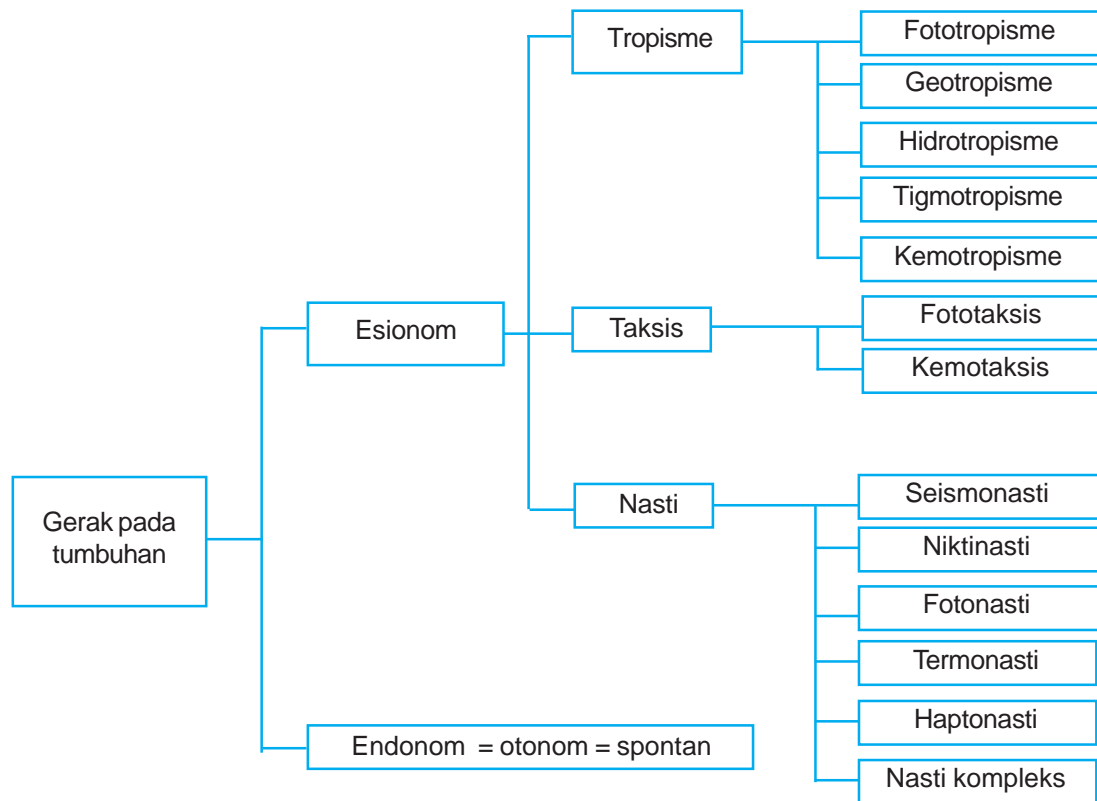
## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan mampu untuk Siswa mampu mengidentifikasi macam-macam gerak pada tumbuhan.

**Sumber:** www.totalpractitioner.com

Salah satu ciri makhluk hidup adalah bergerak. Tidak terkecuali dengan tumbuhan juga melakukan gerak. Tahukah kamu bagaimana tumbuhan bergerak? Gambar di atas menunjukkan salah satu macam gerak pada tumbuhan mentimun yang disebut gerak tigmotropisme yaitu pada bagian sulurnya yang bergerak membelit tangkai atau batang tumbuhan lain.

## Peta Konsep

- Gerak pada tumbuhan
  - Esionom
    - Tropisme
      - Fototropisme
      - Geotropisme
      - Hidrotropisme
      - Tigmotropisme
      - Kemotropisme
    - Taksis
      - Fototaksis
      - Kemotaksis
    - Nasti
      - Seismonasti
      - Niktinasti
      - Fotonasti
      - Termonasti
      - Haptonasti
      - Nasti kompleks
  - Endonom = otonom = spontan

## Kata Kunci

- gerak esionom
- gerak endonom
- gerak nasti
- gerak taksis
- gerak tropisme

Tumbuhan juga melakukan gerak, tetapi gerak yang dilakukan tumbuhan tidak seperti hewan dan manusia. Gerakan pada tumbuhan sangat terbatas, biasanya gerakannya tidak berpindah tempat (kecuali yang bersel satu). Bagaimana cara kita membuktikan bahwa tumbuhan juga melakukan gerak?

Gerakan yang dilakukan hanya dilakukan oleh bagian tertentu, misalnya bagian ujung tunas, ujung akar, atau bagian lembar daun tertentu kecuali tumbuhan bersel satu.

Gerakan tumbuhan dapat diamati dengan adanya pertumbuhan tanaman yang menuju atau ke arah tertentu. Sebagai contoh jika kita menancapkan sebatang kayu atau ranting di dekat tanaman mentimun atau tanaman lain yang merambat, maka selang beberapa waktu ranting kayu tersebut telah dibelit oleh tanaman mentimun atau tanaman yang merambat lainnya. Demikian pula akar-akar yang menembus tanah menuju ke tempat yang lembap atau berair. Peristiwa tersebut merupakan contoh bahwa tumbuhan bergerak. Jadi, gerakan tumbuhan terjadi karena adanya proses pertumbuhan dan adanya kepekaan terhadap rangsang atau iritabilita yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut.

Bagaimana terjadinya iritabilita pada tumbuhan? Seperti makhluk hidup lainnya, tumbuhan juga memiliki kepekaan terhadap rangsang tertentu. Untuk menanggapi rangsangan tersebut tumbuhan melakukan gerakan yang mungkin menuju ke arah rangsang, menjauhi rangsang, atau hanya sekedar melakukan gerak tanpa menunjukkan ke arah tertentu. Gerak pada tumbuhan yang tergolong iritabilita dibedakan menjadi tiga, yaitu tropisme, taksis, dan nasti. Gerakan ini karena pengaruh rangsang dari luar yang disebut gerak esionom.

## A. Gerak Esionom

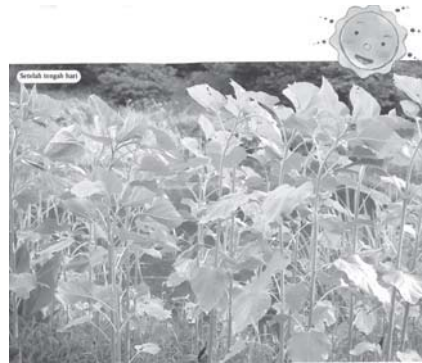
Gerak pada tumbuhan yang termasuk gerak esionom ada tiga macam, yaitu sebagai berikut.

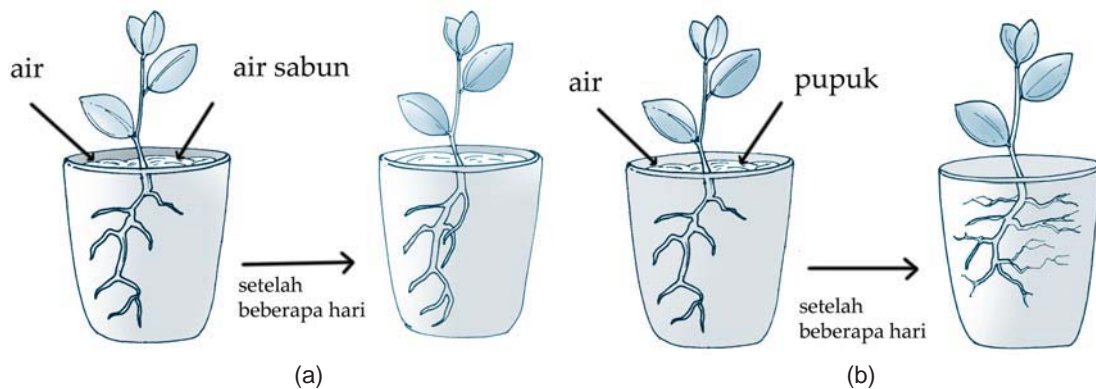
### 1. Tropisme

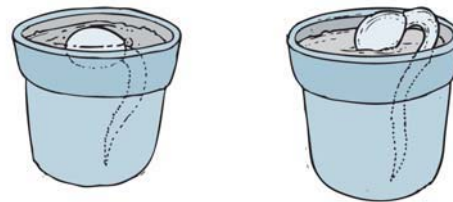
Tropisme adalah gerakan dari sebagian tubuh tumbuhan yang dipengaruhi oleh arah rangsang dari luar. Jika gerakan tumbuhan tersebut mendekati rangsang disebut tropi positif, tetapi jika gerakan menjauhi rangsang disebut tropi negatif. Berdasarkan jenis rangsangnya, tropisme dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut.

***a.*** ***Fototropisme*** adalah gerak bagian tumbuhan yang dipengaruhi oleh rangsang cahaya. Apabila gerak tumbuhan tersebut menuju ke arah cahaya, berarti tumbuhan tersebut melakukan gerak fototropisme positif. Tetapi apabila gerakan tumbuhan itu menjauhi

arah cahaya, maka disebut fototropisme negatif. Sebagai contoh tumbuhan yang melakukan gerak fototropisme positif adalah pertumbuhan tunas tanaman biji-bijian (pada umumnya menuju ke arah cahaya).

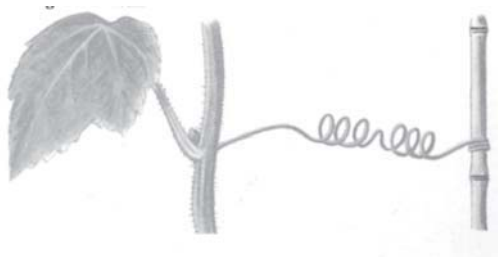
b. ***Kemotropisme*** adalah gerak bagian tumbuhan karena adanya rangsang zat kimia. Jika geraknya mendekati rangsang disebut kemotropisme positif tetapi jika gerakannya menjauhi rangsang disebut kemotropisme negatif.

**Gambar 9.1** Fototropisme positif merupakan gerak tumbuhan menuju ke arah datangnya cahaya
**Sumber:** WWP Anak-anak, Bunga dan Pohon

air
air sabun
setelah beberapa hari
air
pupuk
setelah beberapa hari
(a)
(b)

**Gambar 9.2** (a) Gerak kemotropisme negatif, (b) Gerak kemotropisme positif
**Sumber:** Dokumen penerbit

c. ***Geotropisme*** adalah gerakan bagian tumbuhan yang dipengaruhi oleh gravitasi (gaya tarik) bumi. Apabila arah pertumbuhan menuju ke bawah berarti termasuk gerak geotropisme positif. Contoh geotropisme positif adalah pertumbuhan akar yang selalu menuju ke bawah atau ke dalam tanah, sedangkan pertumbuhan batang yang selalu mengarah ke atas merupakan contoh gerakan geotropisme negatif.

**Gambar 9.3** Biji yang ditanam berdiri tumbuhnya akar selalu ke bawah

d. ***Hidrotropisme*** adalah gerak bagian tumbuhan menuju ke arah yang basah atau berair. Arah pertumbuhan mendekati tempat yang berair disebut gerak hidrotropisme positif, sedangkan apabila arah pertumbuhan tanaman menjauhi tempat yang berair disebut gerak hidrotropisme negatif. Salah satu contoh hidrotropisme positif adalah arah pertumbuhan ujung akar di dalam tanah yang selalu menuju ke tempat yang mengandung air.

**Gambar 9.4** Hidrotropisme positif, di mana akar biji-bijian tumbuh mengarah ke tempat yang basah/berair.
**Sumber:** Dokumen penerbit

e. ***Tigmotropisme*** adalah gerak dari bagian tumbuhan akibat persinggungan. Contoh sulur markisa yang membelit dan batang mentimun yang membelit tanaman lain.

**Gambar 9.5** Gerak tigmotropisme
**Sumber:** HDI, Time-Life. Dunia Tumbuhan

## 2. Nasti

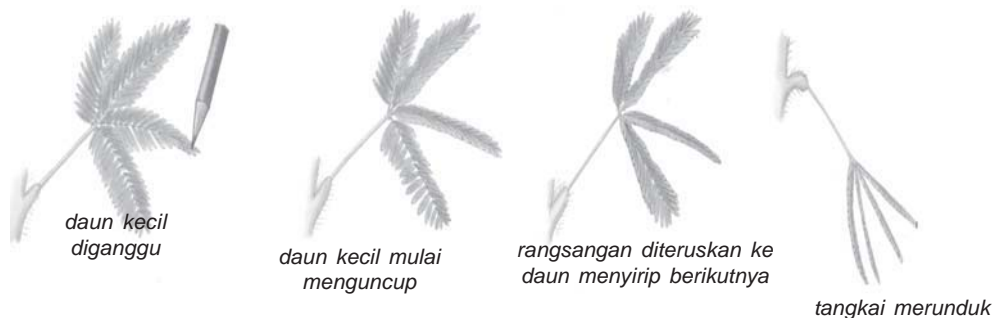
Nasti adalah gerak dari sebagian tubuh tumbuhan sebagai tanggapan terhadap rangsang yang datang dari luar, tetapi arah gerak tidak ditentukan oleh datangnya rangsang. Nasti dapat dibedakan menjadi enam.

a. ***Seismonasti*** adalah gerak bagian tumbuhan karena rangsangan sentuhan. Contoh: gerak menutupnya daun putri malu (*Mimo pudica)* karena disentuh.

*daun kecil diganggu*

*daun kecil mulai menguncup*

*rangsangan diteruskan ke daun menyirip berikutnya*

*tangkai merunduk*

**Gambar 9.6** Menutupnya daun putri malu karena disentuh
**Sumber:** HDI, Time-Life. Dunia Tumbuhan

b. ***Niktinasi*** adalah gerak tidur dari tumbuh-tumbuhan karena adanya rangsang gelap. Contoh: menutupnya daun petai cina, turi, dan si kecut pada saat malam hari.

c. ***Fotonasti*** adalah gerak bagian tumbuh-tumbuhan sebagai reaksi terhadap rangsang dari luar yang arah dan pola geraknya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsang, melainkan ditentukan oleh struktur tumbuhan sendiri. Contoh: bunga kembang sepatu (*Hibiscus rosasinensis)* yang mekar pada siang hari dan menguncup pada malam hari.

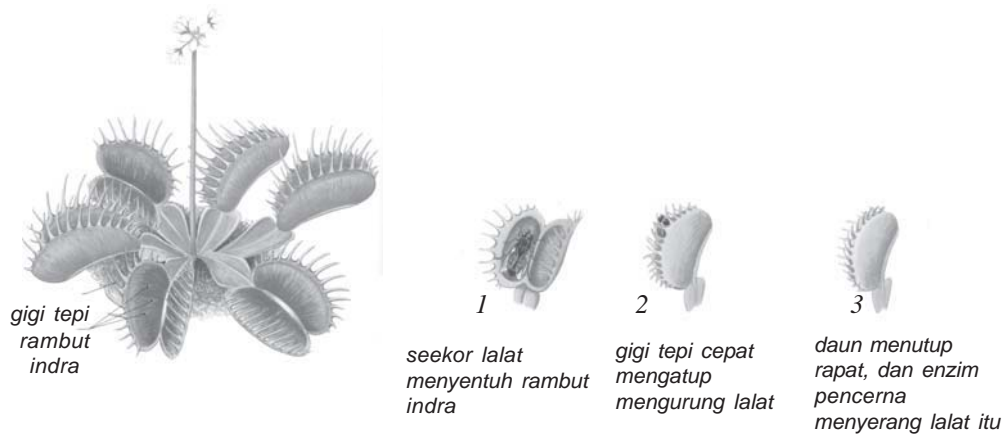
d. ***Termonasti*** adalah gerak bagian tumbuhan karena pengaruh perubahan suhu. Contoh: bunga tulip (di Eropa) mekar jika suhu naik dan menutup jika suhu turun.

e. ***Haptonasti*** adalah gerak bagian tumbuhan karena sentuhan. Contoh: daun tumbuhan insektifora, jika ada serangga yang menyentuh, daun menutup, sehingga serangga tertutup daun kemudian dicerna dengan enzim.

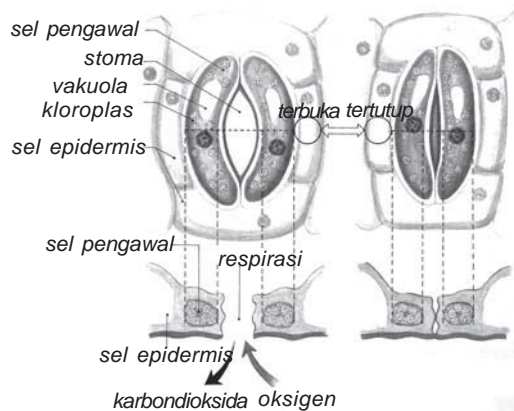
gigi tepi
rambut
indra

1 seekor lalat menyentuh rambut indra

2 gigi tepi cepat mengatup mengurung lalat

3 daun menutup rapat, dan enzim pencerna menyerang lalat itu

**Gambar 9.7** Tumbuhan insektifora
**Sumber:** HDI, Time-Life. Dunia Tumbuhan

f. ***Nasti kompleks***, adalah gerak nasti yang dipengaruhi oleh banyak rangsang yaitu rangsang cahaya, zat kimia, panas, dan air. Gerakan ini terjadi pada proses membuka dan menutupnya stomata.

sel pengawal
stoma
vakuola
kloroplas
sel epidermis
terbuka tertutup
sel pengawal
respirasi
sel epidermis
karbondioksida
oksigen

**Gambar 9.8** Membuka menutupnya stomata merupakan nasti kompleks
**Sumber:** HDI Time-Life. Dunia Tumbuhan

## 3. Taksis

Taksis adalah gerak seluruh tubuh tumbuhan karena adanya rangsang dari luar. Berdasarkan rangsang penyebab, taksis dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

a. ***Fototaksis*** adalah gerak seluruh tubuh tumbuhan karena rangsang cahaya. Contoh: gerak *Euglen* yang selalu mendekati cahaya.

b. ***Kemotaksis*** adalah gerak seluruh tubuh tumbuhan karena rangsang zat kimia. Contoh: gerak spermatozoid ke arkegonium pada tumbuhan lumut.

**Gambar 9.9** Euglena selalu mendekati rangsang cahaya
**Sumber:** Evolusi, Keanekaragaman dan Lingkungan 2

**Gambar 9.10** Gerak spermatozoid ke arkegonium pada tumbuhan lumut
**Sumber:** Indonesian Heritage, Tetumbuhan

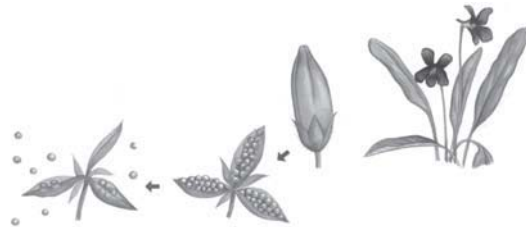
Gambar 9.10 menunjukkan gerak spermatozoid ke arkegonium. Tumbuhan lumut yang sudah membuat alat reproduksi jantan (anteridium) dan alat kelamin betina (arkegonium). Anteridium yang sudah masak akan mengeluarkan spermatozoid, dan arkegonium akan membuat saluran dan mengeluarkan zat gula (zat kimia), sehingga spermatozoid tertarik oleh adanya rangsang gula (zat kimia) dan menuju arkegonium untuk proses perkawinan.

## Kecakapan Personal

Lengkapilah tabel di bawah ini dengan benar!

| Macam Gerak | Bagian yang Bergerak | Arah Gerak | Macam Rangsang | Nama Gerak | Contoh |
|---|---|---|---|---|---|
| Tropisme | Bagian dari tubuh | Dipengaruhi rangsang | a. zat kimia | a. kemotropisme | a. ........ |
| | | | b. ............ | b. ................... | b. ........ |
| | | | c. ............ | c. ................... | c. ........ |
| | | | d. ............ | d. ................... | d. ........ |
| | | | e. ............ | e. ................... | e. ........ |
| Nasti | . . . . | . . . . | a. ............ | a. ................... | a. ........ |
| | | | b. ............ | b. ................... | b. ........ |
| | | | c. ............ | c. ................... | c. ........ |
| | | | d. ............ | d. ................... | d. ........ |
| | | | e. ............ | e. ................... | e. ........ |
| | | | f. ............ | f. ................... | f. ........ |
| Taksis | . . . . | . . . . | a. ............ | a. ................... | a. ........ |
| | | | b. ............ | b. ................... | b. ........ |

## B. Gerak Endonom

Gerak endonom adalah gerak yang disebabkan oleh rangsang dari dalam. Gerak endonom disebut juga gerak otonom atau gerak spontan. Contohnya, gerak kloroplas dalam sel tumbuhan *Hydrilla verticillata*, pecahnya buah polong-polongan, membukanya kotak-kotak sporangium tumbuhan paku.

**Gambar 9.11** Pecahnya buah polong-polongan merupakan gerak endonom
**Sumber:** Dunia Ilmu Time.Life. Dunia Tumbuhan

## Rangkuman

- Gerak esionom ialah gerak dari tumbuhan yang dipengaruhi oleh rangsang dari luar.
- Gerak endonom gerak pada tumbuhan yang dipengaruhi rangsang dari dalam.
- Gerak esionom dibagi tiga yaitu: gerak tropi, gerak nasti, dan gerak taksis.
- Arah gerakan karena pengaruh rangsang dari luar ada yang menuju ke arah rangsang, ada yang meninggalkan rangsang.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Akar tumbuhan selalu tumbuh ke bawah, akibat rangsangan ....
   a. cahaya
   b. gravitasi
   c. kelembapan udara
   d. bentukan tanah

2. Sulur pada markisa tumbuh membelit, gerakan ini termasuk gerak ....
   a. tigmotropisme
   b. geotropisme
   c. nasti
   d. taksis

3. Sebuah kecambah diletakkan pada kamar yang bebas cahaya matahari. Jika seberkas sinar dimasukkan ke dalam kamar tersebut, reaksi dari kecambah adalah ....
   a. tumbuh menuju sumber energi
   b. tumbuh menjauhi sinar
   c. tumbuh ke arah sinar
   d. akar tumbuh ke arah sinar

4. Gerak bagian tumbuhan menuju tempat terdapatnya air disebut ....
   a. hidronasti
   b. hidrotaksis
   c. hidrotropisme
   d. higrotropisme

5. Gerak tumbuhan yang arahnya tidak dipengaruhi datangnya rangsang sinar matahari disebut gerak ....
   a. fotonasti
   b. geotropisme
   c. fototropisme
   d. kemotropisme

6. Gerak dari sperma menuju ke sel telur disebut ....
   a. geotropisme
   b. kemotropisme
   c. kemotaksis
   d. fototaksis

7. Gerak mekarnya bunga merupakan gerak ....
   a. nasti kompleks
   b. fototropisme
   c. fotonasti
   d. niktinasti

8. Gerak tropisme positif beda dengan tropisme negatif hal ini atas dasar ....
   a. frekuensi gerak per satuan waktu
   b. macam organ tubuh yang bergerak
   c. arah geraknya terhadap rangsang
   d. kecepatan geraknya

9. Membuka dan menutupnya stomata disebut gerak ....
   a. taksis
   b. nasti kompleks
   c. tropisme
   d. kemotropisme

10. Gerak tumbuhan yang disebut tropisme, arah geraknya ....
    a. tidak ditentukan rangsang
    b. ditentukan rangsang
    c. ke atas
    d. kemotaksis

11. Buah polong seperti lamtoro, jika kering akan pecah dan bijinya akan terlempar, hal ini disebut gerak ....
    a. higroskopis
    b. hidrotaksis
    c. fotonasti
    d. kemotaksis

12. Daun putri malu jika disentuh daunnya akan menutup, gerakan ini disebut ....
    a. niktinasti c. fototropis
    b. hidronasti d. kemotropis

13. Gerak *Euglena* yang selalu mendekati cahaya disebut ....
    a. fototaksis c. fototropis
    b. kemotaksis d. kemotropis

14. Bunga tulip dapat membuka karena pengaruh ....
    a. suhu
    b. sinar matahari
    c. air
    d. sentuhan

15. Gerak endonom disebut gerak ....
    a. otonomi c. nasti
    b. esionom d. taksis

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Sebutkan mekanisme gerak pada stomata!
2. Apa yang disebut gerak nasti kompleks?
3. Apa bedanya antara niktinasti dengan fotonasti?
4. Apa yang disebut gerak esionom?
5. Sebutkan macam-macam penyebab gerak nasti!

## Tugas Proyek

**A. Tujuan:** Membuktikan adanya gerak seismonasti.

**Alat dan bahan:**

1. Tumbuhan putri malu
2. Pensil kayu/tongkat kayu

**Cara kerja:**

*daun kecil diganggu*

*daun kecil mulai menguncup*

*rangsangan diteruskan ke daun menyirip berikutnya*

*tangkai merunduk*

1. Carilah tumbuhan putri malu di halaman sekolah atau di kebun pada waktu siang hari.
2. Carilah tumbuhan putri malu yang daunnya masih terbuka.
3. Sentuhlah daun tersebut dengan tanganmu atau dengan tongkat (lihat gambar)!
4. Amatilah baik-baik daun yang telah kamu sentuh tadi!
5. Bagaimana gerakan daun-daun tersebut?
6. Diskusikan pengamatanmu dengan teman-temanmu dan buatlah kesimpulan!

**B. Tujuan:** Membuktikan adanya gerak niktinasti.

**Alat dan bahan:** Tumbuhan petai cina

**Cara kerja:**

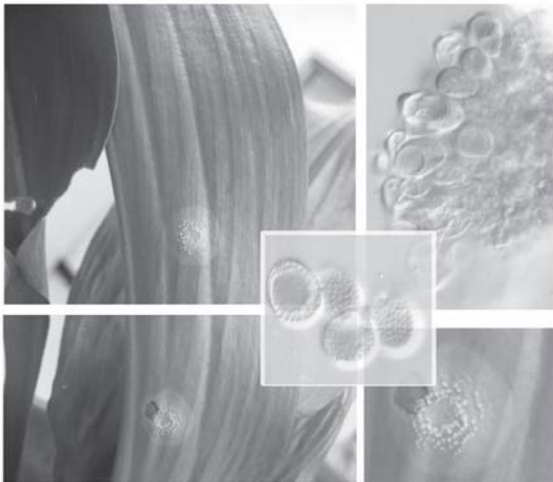
1. Amatilah daun-daun petai cina pada siang hari!
2. Amatilah daun-daun petai cina setelah malam hari!
3. Adakah perubahan keadaan daunnya?
4. Diskusikan pengamatanmu dengan teman-temanmu dan buatlah kesimpulan!

Bab X

# Hama dan Penyakit pada Organ Tumbuhan

## Tujuan Pembelajaran

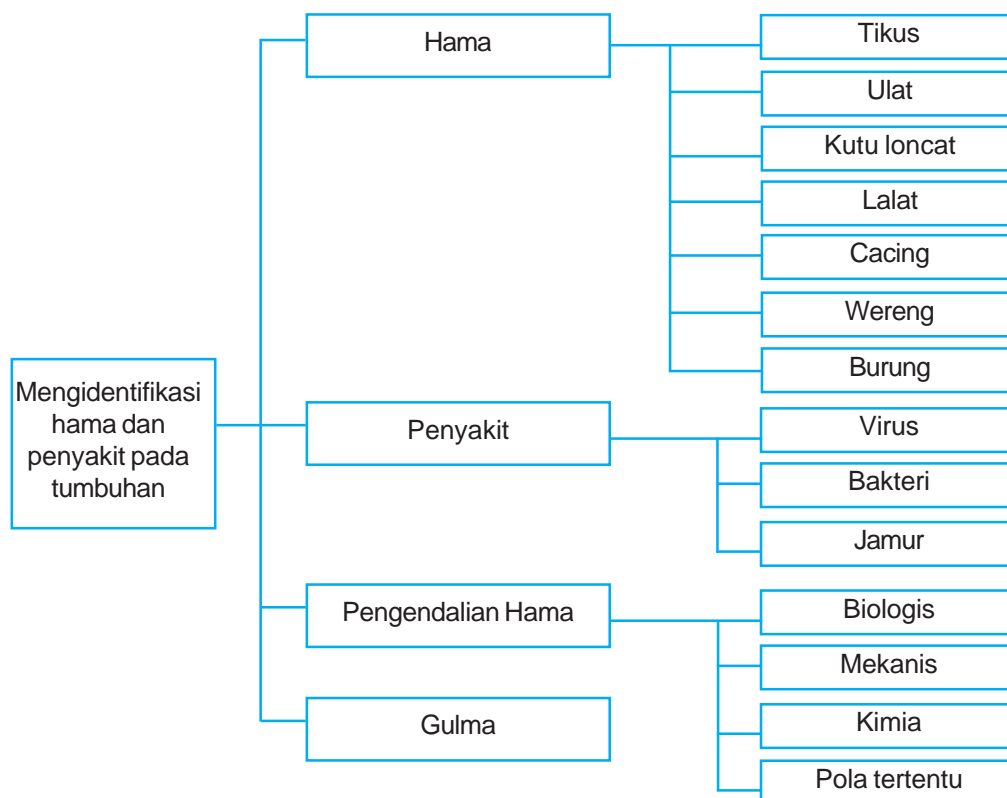
Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:

1. memahami sistem dalam kehidupan tumbuhan.
2. mengidentifikasi hama dan penyakit pada tumbuhan.

**Sumber:** www.nt.gou.au0.

**Sumber:** www.upload.wikipedia.org

Penyakit dan hama dapat mengganggu kelangsungan kehidupan tumbuhan. Penyakit merupakan mikroorganisme (virus, bakteri, dan jamur) yang merusak tumbuhan, sedangkan hama adalah binatang yang merusak tumbuhan seperti ulat, tikus, belalang dan babi hutan.

## Peta Konsep

- Mengidentifikasi hama dan penyakit pada tumbuhan
  - Hama
    - Tikus
    - Ulat
    - Kutu loncat
    - Lalat
    - Cacing
    - Wereng
    - Burung
  - Penyakit
    - Virus
    - Bakteri
    - Jamur
  - Pengendalian Hama
    - Biologis
    - Mekanis
    - Kimia
    - Pola tertentu
  - Gulma

## Tujuan Pembelajaran

- gulma
- hama
- biologi
- predator

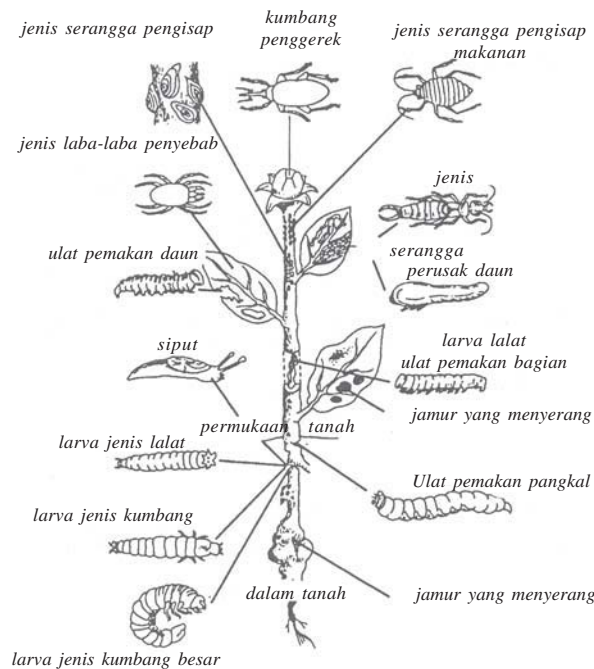
# A. Hama Penyakit pada Tumbuhan

Pernahkah kamu melihat suatu tanaman yang daunnya rusak karena dimakan ulat atau hewan lain? Juga daun-daun dari suatu tanaman yang layu (bukan dari kekurangan air), semua itu karena adanya serangan hama dan penyakit, sehingga dapat menurunkan tingkat produktifitas tanaman bahkan gagal sama sekali.

Hama merupakan hewan yang keberadaannya sangat merugikan baik pada pertumbuhan maupun produksi pada tanaman.

Beberapa contoh hama antara lain: ulat, lalat, wereng, kutu loncat, dan jenis cacing tertentu, dan jenis hewan yang besar seperti: tikus, burung, babi hutan, dan lain-lain yang juga merusak tanaman.

Coba lihat beberapa hama pada tanaman di bawah ini.

*jenis serangga pengisap*
*kumbang penggerek*
*jenis serangga pengisap makanan*
*jenis laba-laba penyebab*
*jenis*
*ulat pemakan daun*
*serangga perusak daun*
*siput*
*larva lalat*
*ulat pemakan bagian*
*jamur yang menyerang*
*permukaan tanah*
*larva jenis lalat*
*Ulat pemakan pangkal*
*larva jenis kumbang*
*dalam tanah*
*jamur yang menyerang*
*larva jenis kumbang besar*

**Gambar 10.1** Beberapa jenis hama dan penyakit tanaman
**Sumber:** Ilustrasi Penerbit

Penyakit pada tumbuhan bisa disebabkan oleh jamur, bakteri dan lain-lain. Beberapa penyakit pada tumbuhan dan penyebabnya:

1. Akar tanaman jeruk bisa rusak karena terserang penyakit dari jenis jamur yang bernama *Armelaria*.
2. Tanaman jagung menderita penyakit bule karena terserang jamur yang bernama *sclerosporamaydis*, sehingga daun berwarna kuning keputih-putihan.

3. Biji jagung menjadi kehitaman (hangus) karena jamur yang bernama *ustilago maydis*, jamur ini juga menyerang akar tembakau.
4. Pada tanaman cokelat, jaringan pembuluh menjadi rusak karena penyakit VSD *(Vascular Streak Diaback)* juga jenis jamur akar merah dan jamur upas dapat merusak tanaman cokelat.
5. Pada tanaman kopi menderita penyakit bubuk buah *(Hypothenemus hampel)*, bubuk cabang (*Xylosandrus sp)*, bubuk batang *(Zeuzera Coffeae)*
6. Daun padi gogo tangkai malai dan gabah menjadi bercak-bercak, ini disebut penyakit blas yang disebabkan oleh jamur yang bernama *Pyricularia Orzae*. Daun bisa menderita bercak-bercak merah kecokelatan penyakit ini disebut *Helminthosporium*.
7. Pada daun tembakau menderita penyakit berbintik-bintik atau bercak-bercak yang disebut *Mozaik* ini disebabkan oleh virus TMV (*Tobaco Mozaik Virus*).

## B. Cara Pengendalian Hama dan Penyakit

Seperti yang terjadi di Indonesia yaitu pada tahun 1998, di daerah Lampung, para petani dikejutkan oleh meledaknya populasi belalang kembara yang menyerang tanaman padi, sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut terpaksa para petani membakar tanaman padi tersebut agar hama tersebut musnah. Atas kejadian tersebut mengakibatkan kerugian yang sangat besar bagi para petani dan dunia pertanian pada umumnya.

Kejadian seperti tersebut di atas bisa saja terjadi di daerah-daerah lain di negara kita dengan masalah yang sama maupun yang berbeda penyebabnya. Untuk itu hama dan penyakit harus segera dikendalikan.

### 1. Pengendalian secara Biologis

Pengendalian secara biologis berarti cara mengendalikan hama dan penyakit dengan menggunakan jenis hewan tertentu yang merupakan musuh dari hama dan penyakit tersebut, misalnya:

a. Memberantas hama tikus dengan menggunakan hewan ular sawah.
b. Memberantas ulat yang menyerang daun pisang dengan burung gagak.
c. Memberantas ulat yang menyerang tanaman kol, dengan burung gereja, burung pipit, atau jenis lebah.

Pengendalian secara biologis hasilnya kurang maksimal karena keterbatasan hewan predator yang ada dan sulitnya untuk menyediakan hewan-hewan predator tersebut.

### 2. Pengendalian secara Mekanis

Pengendalian secara mekanis dilakukan dengan melakukan tindakan secara aktif dalam memberantas hama, misalnya dengan mengambil ulat yang melekat pada daun dengan tangan, sabit, corok, atau dengan alat bantu lainnya, membuang daun yang sakit pada tanaman, cara

seperti ini merupakan cara tradisional oleh petani. Hasilnya tidak maksimal, di samping membutuhkan waktu yang lama, tenaga, dan tidak mungkin dilakukan pada areal yang luas jadi kurang praktis.

## 3. Pengendalian secara kimia

Pengendalian secara kimia yaitu dengan bahan-bahan kimia atau obat-obatan seperti pestisida antara lain, herbisida, insektisida, dan fungisida.

Insektisida untuk memberantas serangga (insekta). Herbisida untuk memberantas tumbuhan pengganggu.Fungisida untuk memberantas jamur.

Pemberantasan secara kimia, lebih praktis dan lebih bermanfaat, tidak membutuhkan banyak waktu dan tenaga yang banyak mungkin bisa dilakukan oleh beberapa orang saja. Pemakaian bahan kimia harus dengan dosis yang tepat. Bila pemakaiannya melebihi dosis, maka sisa-sisa zat kimia yang ada dapat merupakan polutan dan mencemari, baik tanah, air dan lingkungannya. Sehingga racun-racun tersebut mengganggu kesehatan manusia.

## 4. Pengendalian dengan tehnik atau pola tertentu

Seperti pola tanaman yang disebut rotasi tanaman yang artinya menanam tanaman secara bergantian dengan tanaman lain di suatu tempat tertentu. Misalnya sawah setelah ditanam padi, masa berikutnya ditanam palawija,cara ini disebut rotasi tanaman. Dengan cara ini daur hidup hama penyakit akan terputus, selain itu cara tersebut sangat membantu di dalam mengembalikan kesuburan tanah.

**Gambar 10.2** Enceng gondok (Eichornia), jenis gulma air yang sangat mengganggu

Gulma adalah tanaman pengganggu yang kehadirannya tidak kita inginkan, karena dapat mengganggu irigasi, menyebabkan adanya pendangkalan waduk, dan lain-lain. Contoh: enceng gondok. Waduk atau telaga yang ditumbuhi enceng gondok, permukaan air tertutup oleh enceng gondok. Akibatnya waduk atau telaga tidak berfungsi, dan mempercepat laju pendangkalan waduk tersebut. Pernahkah kamu pergi ke Rawa Pening? Perhatikan apakah ada gulma di sana? Bagaimana pendapatmu?

### Wawasan Produktivitas

Tujuan : Mengetahui jenis-jenis hama dan penyakit pada pertanian dan cara pengendaliannya.

1. Coba kamu cari informasi tentang pengendalian hama dan penyakit pada tanaman. Tanyakan pada petani yang ada di sekitarmu, tentang jenis-jenis hama dan penyakit pada tanaman dan cara pengendaliannya!
2. Buatlah laporannya dan hasilnya dikumpulkan kepada gurumu!

## Rangkuman

1. Macam-macam jenis hama antara lain: ulat, lalat, wereng, kutu loncat, cacing, tikus, burung, dan babi hutan.
2. Penyakit pada tanaman disebabkan oleh virus, bakteri, dan jamur.
3. Pengendalian hama dan penyakit pada tanaman dilakukan dengan cara biologis, mekanis, dan kimia.
4. Pengendalian hama dan penyakit dengan bahan kimia dengan menggunakan pestisida antara lain: insektisida, herbisida, fungisida.
5. Pengendalian hama dan penyakit dengan pola tertentu misalnya dengan rotasi tanaman.
6. Tanaman pengganggu disebut gulma, misalnya enceng gondok.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Bahan kimia yang berguna untuk memberantas tanaman pengganggu disebut ....
   a. insektisida
   b. pestisida
   c. herbisida
   d. fungisida
2. Penyemprotan hama tanaman dengan pestisida dapat memberikan pengaruh negatif bagi lingkungan sebab ....
   a. menghilangkan hewan pengganggu
   b. merusak tanaman
   c. tidak semua hama terbunuh
   d. merusak keseimbangan alam
3. Pengendalian hama secara biologis adalah pemberantasan hama dan penyakit dengan ....
   a. menangkap dan membunuhnya
   b. menggunakan hewan lain yang makanannya sama
   c. menyemprot dengan pestisida
   d. menggunakan binatang musuhnya
4. Untuk memberantas gulma yang berupa alga digunakan ....
   a. herbisida
   b. algisida
   c. pestisida
   d. insektisida

5. Memberantas wereng dapat dilaksanakan dengan menanam padi yang sejenis secara serentak. Hal tersebut bertujuan untuk ....
   a. mematikan wereng yang ganas
   b. memutuskan daur hidup wereng
   c. meningkatkan ketahanan padi
   d. memperlancar penyemprotan

6. Yang disebut gulma ialah ....
   a. hewan pemakan tumbuhan
   b. tumbuhan pengganggu
   c. tumbuhan yang bermanfaat
   d. tanaman air

7. Pada daun tembakau sering menderita penyakit berbintik-bintik atau bercak-bercak yang disebut ....
   a. penyakit kuning
   b. mozaik
   c. karat merah
   d. penyakit bule

8. Mengambil ulat-ulat yang ada pada daun, merupakan cara memberantas hama dengan cara ....
   a. biologi
   b. mekanis
   c. kimia
   d. pola tertentu

9. Penyakit bule pada jagung disebabkan oleh ....
   a. virus
   b. jamur
   c. serangga
   d. bakteri

10. Memberantas hama tikus dengan hewan ular disebut pemberantasan secara ....
    a. biologis
    b. kimia
    c. mekanik
    d. pola tertentu

11. Di bawah ini termasuk hama, **kecuali** ....
    a. ulat
    b. wereng
    c. jamur
    d. tikus

12. Memberantas hama dengan DDT, harus hati-hati bahkan dilarang sebab ....
    a. DDT merupakan racun yang tidak dapat diuraikan
    b. DDT dapat mematikan tumbuh-tumbuhan
    c. DDT berbahaya bagi kelangsungan hidup hama
    d. hama yang disemprot dapat menjadi kebal

13. Pengendalian hama secara biologis di bawah ini ialah ....
    a. memberantas tikus dengan hewan ular
    b. memberantas tikus degnan pengasapan pada lubang-lubang tikus
    c. memberantas serangga dengan insektisida
    d. memberantas hama dengan cara rotasi tanaman

14. Pada daun tembakau berwarna bintik-bintik atau bercak-bercak, menandakan terkena penyakit ....
    a. helminthosporium
    b. mozaik
    c. VSD
    d. penyakit blas

15. TMV penyebabnya adalah ....
    a. bakteri
    b. jamur
    c. virus
    d. cacing

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Apa yang disebut dengan gulma?
2. Sebutkan 3 penyakit yang disebabkan jamur, yang menyerang tumbuhan!
3. Sebutkan cara-cara dalam pemberantasan hama dan penyakit pada tanaman!
4. Apa yang disebut hama dan penyakit pada tanaman?
5. Apa yang disebut rotasi tanaman?

## Tugas Proyek

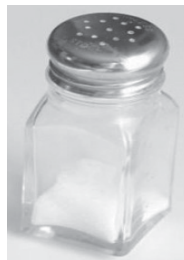
Coba cari informasi dari buku-buku di perpustakaan mengenai penyakit pada tanaman, dan apa yang diserang! Carilah sebanyak-banyaknya dan dikumpulkan sebagai laporan.

## Bab XI Konsep Partikel dan Materi

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:
1. mendiskusikan atom, ion, dan molekul
2. membedakan atom dengan ion
3. membedakan atom dengan molekul
4. menyebutkan jenis muatan ion
5. menghitung besar muatan ion

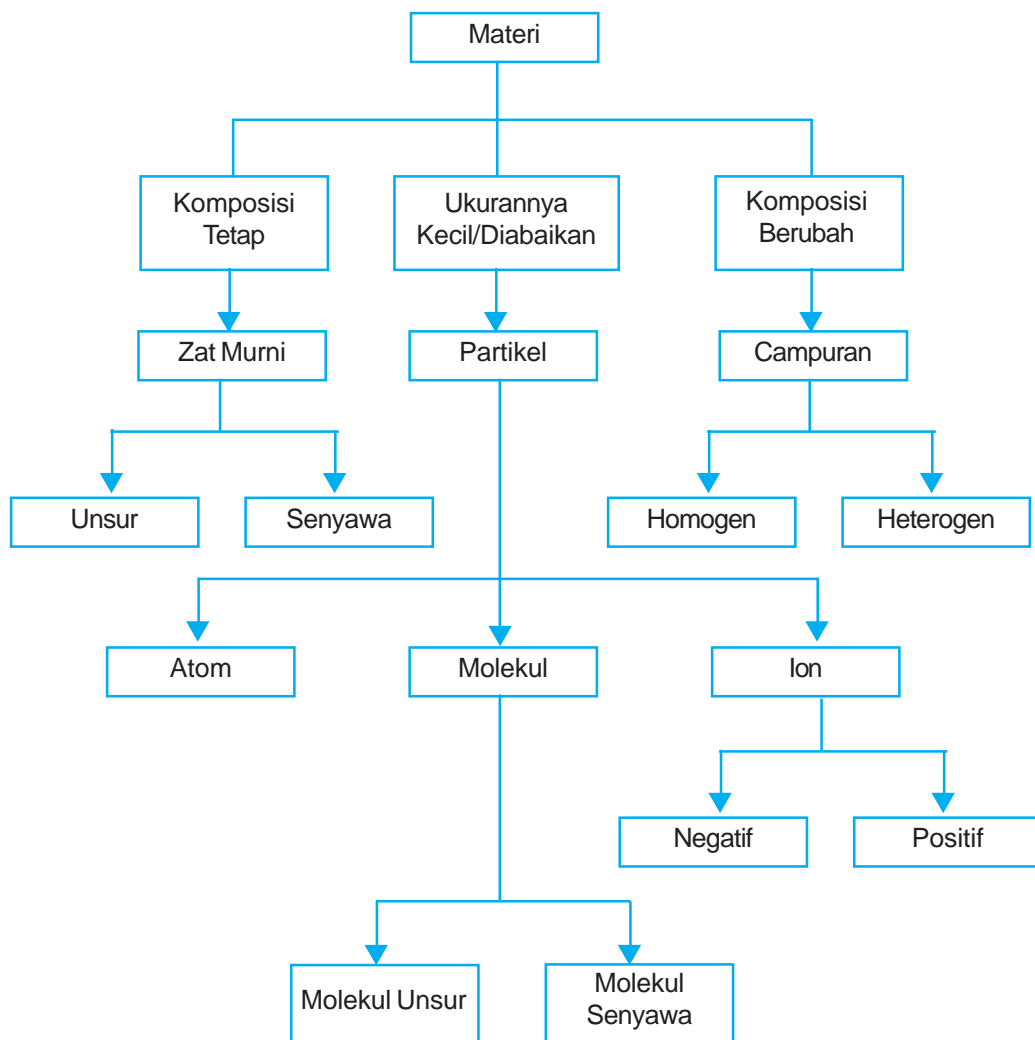
**Sumber:** www.blog.spot.com

**Sumber:** www.tokoindonesia.de

**Sumber:** www.blog.americanfeast.com

**Sumber:** www.sinarharapan.co.id

Bahan-bahan yang kemasannya tampak pada gambar sangat besar manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari. Bahan-bahan itu dibuat dari bahan kimia. Bahan tersebut ada yang menyebabkan polusi tanah namun juga sangat dibutuhkan oleh ibu-ibu dan laboratorium kimia. Bahan kimia yang menimbulkan polusi penggunaannya harus berhati-hati.

## Peta Konsep

Materi
- Komposisi Tetap → Zat Murni
  - Unsur
  - Senyawa
- Ukurannya Kecil/Diabaikan → Partikel
  - Atom
  - Molekul
    - Molekul Unsur
    - Molekul Senyawa
  - Ion
    - Negatif
    - Positif
- Komposisi Berubah → Campuran
  - Homogen
  - Heterogen

## Kata Kunci

- atom
- ion
- molekul
- produk kimia

# A. Atom, Ion, dan Molekul

Benda-benda yang lunak seperti kapur tulis, jika kita potong menjadi dua, salah satu potongan kapur dapat dibagi lagi menjadi dua. Salah satu bagian, dapat dibagi lagi menjadi dua lagi dan jika pembagian diteruskan sehingga bagian-bagian kapur menjadi sangat kecil, akhirnya bagian itu tidak dapat dibagi lagi.

Menurut **Democritus** bagian terkecil benda yang tidak dapat dibagi lagi disebut *atom*. Dalam bahasa Yunani atom berarti tidak dapat dibagi lagi, sedangkan **Aristoteles** berpendapat bahwa atom dapat dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang tidak dapat dibagi lagi.

Pada tahun 1803 John Dalton, seorang guru sekolah di Inggris yang ahli dalam bidang kimia dan fisika, berdasarkan penemuan saat itu, mengajukan suatu teori yang menegaskan bahwa materi terdiri atas atom.

## 1. Postulat Teori Atom Dalton

Postulat Dalton tentang atom adalah

a. Setiap materi terdiri atas partikel yang ia sebut *atom*.

b. Unsur adalah materi yang terdiri atas atom-atom yang sejenis.

c. Atom suatu unsur adalah identik, tetapi berbeda dengan atom unsur lain.

d. Senyawa adalah materi yang terdiri atas dua atau lebih jenis atom dengan perbandingan tertentu.

e. Atom tidak dapat diciptakan maupun tidak dapat dimusnahkan dan tidak dapat diubah menjadi atom lain melalui reaksi kimia. Reaksi kimia hanyalah penataan ulang (reorganisasi) atom.

### Kecakapan Personal

Apakah pernyataan berikut ini sesuai dengan teori atom Dalton.

a. Atom dapat dibagi menjadi proton, neutron dan elektron.

b. Jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.

c. Atom hanya sejenis atom hidrogen.

d. Atom oksigen dapat diubah menjadi atom nitrogen.

e. Senyawa terbentuk dari atom-atom yang berbeda dengan perbandingan yang tetap.

## 2. Atom, Molekul, dan Ion

Menurut Dalton semua materi terdiri atas atom. Untuk selanjutnya kita akan mempelajari tentang partikel-partikel materi yang meliputi atom, molekul, dan ion.

### a. Atom

Atom merupakan bagian terkecil dari unsur. Atom bersifat tidak bermuatan (netral).

Setiap unsur terdiri dari sejenis atom, artinya bahwa atom-atom unsur yang sama mempunyai sifat yang sama. Oleh sebab itu, atom unsur diberi lambang yang sama dengan lambang unsurnya.

Jadi, atom nitrogen diberi lambang N dan atom karbon dengan lambang C. Atom unsur yang satu berbeda dengan atom unsur yang lainnya. Perbedaan itu dapat diibaratkan bahwa butir-butir jagung tidak sama dengan butir-butir beras.

### b. Molekul

Atom-atom memiliki kecenderungan stabil dengan cara mengikat atom lain yang sama atau tidak sama. Molekul yang terdiri dari atom-atom yang sama kita sebut *molekul unsur*, sedangkan yang terdiri dari atom-atom yang berbeda disebut molekul senyawa.

Contoh:

- molekul unsur : molekul $O_2$, molekul $H_2$, molekul $N_2$, molekul $Cl_2$.
- molekul senyawa : molekul air ($H_2O$); molekul gula ($C_6H_{12}O_6$); molekul garam dapur NaCl

Perhatikan gambar berikut.

Gambar perbedaan antara atom, molekul unsur, dan molekul senyawa.

O

dua atom oksigen

$O_2$

satu molekul oksigen

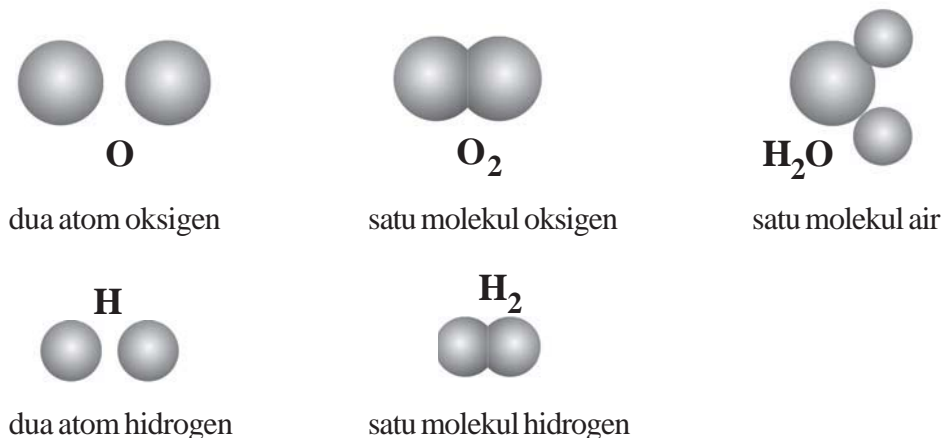
$H_2O$

satu molekul air

H

dua atom hidrogen

$H_2$

satu molekul hidrogen

**Gambar 11.1** Perbedaan antara atom, molekul atom, molekul unsur, dan molekul senyawa
**Sumber:** Dokumen Penerbit

### c. Ion

Ion adalah atom atau molekul yang bermuatan listrik, dapat positif maupun negatif. Ion bermuatan *negatif* disebut anion, terjadi karena atom atau molekul menangkap *elektron*, satu atau lebih. Sedangkan ion yang bermuatan positif disebut kation, terjadi karena atom atau molekul melepaskan satu atau lebih elektron. Ion yang terdiri dari satu atom disebut *ion tunggal*, dan ion yang terdiri dari dua atom atau lebih disebut *ion poliatom*.

**Tabel 11.1 Ion tunggal dan poliatom**

| Kation | | Anion | |
|---|---|---|---|
| **Tunggal** | **Poliatom** | **Tunggal** | **Poliatom** |
| $Na^+$ | $NH^{4+}$ | $Cl^-$ | $NO_3^-$ |
| $K^+$ | | $Br^-$ | $SO_4^{2-}$ |
| $Mg^{2+}$ | | $S^{2-}$ | $PO_4^{3-}$ |
| $Al^{3+}$ | | $N^{3-}$ | $OH^-$ |
| $H^+$ | | | $CO^{3-}$ |
| $Ca^+$ | | | |

**Kecakapan Personal**

1. Molekul $H_2O$ terdiri dari berapa atom H dan berapa atom O!
2. Apa jenis muatan dari $Mg^{2+}$, $H^+$ dan $Cl^-$!

## B. Menghubungkan Konsep Atom, Molekul, dan Ion dengan Produk Kimia Sehari-hari

Banyak benda-benda di sekitar kita yang pengolahannya menggunakan reaksi kimia atau biasa disebut sebagai produk kimia. Pembuatan detergen, margarin, air murni, dan asam sulfat serta garam dapur adalah contoh pemanfaatan konsep atom, molekul dan ion pada produk kimia sehari-hari. Mari kita bahas satu persatu.

## 1. Pembuatan detergen

Oleh karena berkurangnya tanaman yang menghasilkan minyak sementara jumlah penduduk semakin banyak maka kebutuhan manusia akan sabun tidak tercukupi. Melalui kemajuan teknologi, ditemukanlah bahan pencuci sintetis, yaitu detergen. Ada dua jenis detergen sebagai berikut.

a. Detergen keras: sukar diuraikan oleh bakteri sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan.

b. Detergen lunak: dapat diuraikan oleh bakteri sehingga tidak terlalu menimbulkan pencemaran.

Adapun bahan pembuat detergen adalah sebagai berikut.

### a. Bahan penurun tegangan permukaan

Bahan penurun tegangan permukaan digunakan untuk memudahkan mengikat kotoran dan menimbulkan busa, antara lain sebagain berikut.

1) Alkil Benzen Sulfonat (ABS) + NaOH menghasilkan Natrium Alkil Benzen Sufonat (detergen keras).

2) Lauril Asam Sulfat (LAS) + NaOH menghasilkan Natrium Lauril Sulfat (detergen lunak)

### b. Bahan penunjang

Bahan penunjang pada detergen digunakan STPP (Sodium Tri Poli Phosphat/Natrium Tri Poli Phosphat) berfungsi menunjang kerja bahan penurun tegangan permukaan.

### c. Bahan pengisi

Bahan pengisi detergen digunakan untuk memperbesar volume materi.

### b. Bahan pengikat

Sebagai bahan pengikat digunakan air, yaitu untuk mencampurkan semua bahan (media).

### b. Bahan tambahan

Sebagai bahan tambahan digunakan CMC (*Carboxy Metyl Cellulose*), agar kotoran yang terikat detergen tidak melekat kembali ke bahan yang dicuci.

### b. Bahan pewangi dan pewarna

Bahan pewangi dan pewarna digunakan agar detergen mempunyai warna dan aroma yang spesifik untuk membedakan dengan merk lain dan sesuai dengan warna dan aroma yang diminati konsumen.

Semua bahan dicampur dan dapat dibentuk pasta (krim) atau disemprotkan lewat menara sehingga menghasilkan butiran-butiran.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pembuatan sabun akan kamu pelajari lebih lanjut di tingkat SMA.

## 2. Pembuatan margarin

Proses pembuatan margarin adalah sebagai berikut.

a. Minyak cair + soda kaustik encer akan didapat minyak cair yang bebas dari asam, warna, dan zat lain yang mengganggu.

b. Minyak cair $\xrightarrow{\text{hidrogenisasi}}$ lemak

Keterangan:

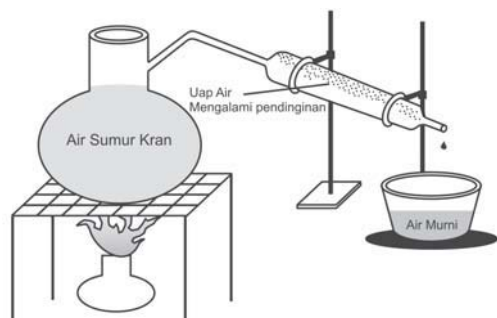
Jumlah soda kaustik encer yang dibutuhkan, disesuaikan dengan kebutuhan atau sesuai hasil analisis (pengalaman hasil pengamatan). Caustik soda (NaOH) dan asam bebas pada minyak membentuk lapisan sabun yang mudah dipisahkan dengan minyaknya (selanjutnya minyak dicuci dengan air sampai bebas dari sabun dan NaOH. Jika minyak yang didapat berwarna, maka warna tersebut dapat dihilangkan dengan tanah adsorben, kemudian disaring dengan penekanan/ditekan. Minyak yang didapat di hidrogenasi sehingga didapat margarin.

Tahap selanjutnya, menghilangkan bau dengan mengalirkan uap air panas ke dalam minyak hasil hidrogenasi dalam ruang hampa pada suhu $\pm$ 200°C.

Agar rasanya lebih enak dan menarik margarin hasil hidrogenasi diberi tambahan zat-zat aditif seperti air, garam, pewarna, dan penyedap bau.

## 3. Pembuatan air murni

Lakukan percobaan membuat air murni!

Air Sumur Kran
Uap Air
Mengalami pendinginan
Air Murni

Gambar 11.2 Rangkaian alat pembuatan air murni

Sebagai bahan pelarut, air murni sangat dibutuhkan pada pembuatan bahan-bahan kimia. Proses pembuatan air murni sebagai berikut.

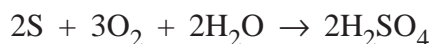
Rangkaian alat pembuatan air murni seperti gambar 11.2.

Air pada labu didih dipanaskan hingga mendidih. Uap yang terjadi dialirkan ke pipa pendingin. Pada pipa pendingin uap air mengembun. Uap air yang mengembun adalah air murni.

## 4. Pembuatan asam sulfat

Pembuatan asam sulfat dapat dilakukan dengan proses kamar timbal sebagai berikut.

a. Membakar belerang atau pirit, sehingga dihasilkan $SO_2$
b. $SO_2$ dialirkan ke ruangan penangkap debu untuk membersihkan $SO_2$
c. Gas $SO_2$ panas dialirkan ke ruangan berturut-turut: menara glover, kamar timbal, menara Guy Lussac

Reaksi yang terjadi: $2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$

## 5. Pembuatan garam dapur

Garam dapur digunakan oleh ibu-ibu bumbu masak. Garam dapur berasa asin, masakan yang kurang garam berasa hambar. Molekul garam dapur terdiri dari satu atom natrium (Na) yang bergabung dengan satu atau chlor (Cl) menjadi molekul NaCl.

Pembuatan garam dapur dapat dilakukan dengan proses sebagai berikut.

a. Air laut masuk ke kolam/tambak penampungan air laut, saat terjadi pasang naik.
b. Air laut yang sudah masuk kolam, mengalami pemanasan oleh sinar matahari, sehingga didapat kristal-kristal garam dapur NaCl yang belum steril.
c. Kristal garam dapur diambil di proses di pabrik guna sterilisasi dan pembersihan.

**Wawasan Produktivitas**

1. Coba cari informasi cara membuat minyak rambut!
2. Bagaimana cara membuat asam sulfat encer?

# C. Molekul Unsur dengan Molekul Senyawa

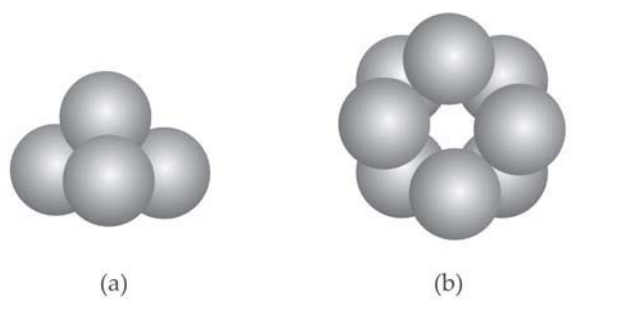
Molekul termasuk partikel yang terdiri atas atom-atom yang bergabung oleh adanya gaya ikat elektrostatistik. Atom-atom yang membentuk molekul dapat sejenis/sama dapat juga tidak sejenis.

Perhatikan tabel berikut ini untuk dapat membandingkan molekul unsur dengan molekul senyawa.

**Tabel 11.3. Molekul unsur**

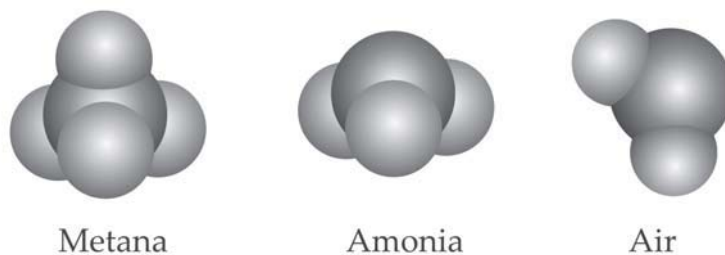
| Atom-atom sejenis yang bergabung | | | | | | | | | Nama | Molekul yang terbentuk ditulis | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | | | | |
| 1. | O | O | | | | | | | oksigen | $O_2$ | molekul diatomik | Molekul unsur |
| 2. | H | H | | | | | | | hidrogen | $H_2$ | | Penulisan rumus molekul dengan cara menulis atom unsur, diberi indek angka yang menyatakan jumlah atom pada molekul itu. |
| 3. | N | N | | | | | | | nitrogen | $N_2$ | | |
| 4. | Br | Br | | | | | | | bromin | $Br_2$ | | |
| 5. | I | I | | | | | | | iodium | $I_2$ | | |
| 6. | F | F | | | | | | | flourin | $F_2$ | | |
| 7. | O | O | O | | | | | | ozon | $O_3$ | molekul poliatomik | |
| 8. | P | P | P | P | - | - | - | - | fosforus | $P_4$ | | |
| 9. | S | S | S | S | S | S | S | S | belerang | $S_8$ | | |

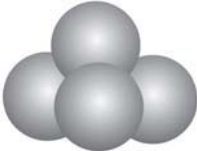
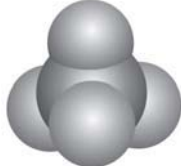
Molekul yang terdiri atas atom-atom sama/sejenis disebut molekul unsur. Dari tabel 11.2 tampak bahwa molekul unsur ada yang terdiri dari 2 atom, ada yang 3 atom, ada yang 4 atom, ada yang 8 atom, bahkan ada yang terdiri atas atom-atom yang jumlahnya sangat banyak karena berapapun jumlah atomnya akan membentuk satu molekul sehingga disebut molekul raksasa, seperti yang terjadi pada karbon (C), silikon (Si) dan Germanium (Ge).

(a) (b)

**Gambar 11.4** Gambar skematis molekul (a) fosforus dan (b) belerang
**Sumber:** Dokumen Penerbit

**Tabel 11.4. Molekul senyawa**

| Atom-atom tak sejenis yang bergabung | | | | | | | | | Nama zat | Molekul senyawa yang terbentuk ditulis dengan simbol |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| 1. | Na | Cl | | | | | | | garam dapur | NaCl |
| 2. | H | O | O | | | | | | air | $H_2O$ |
| 3. | C | O | O | | | | | | karbondioksida | $CO_2$ |
| 4. | N | H | H | H | | | | | amonia | $NH_3$ |
| 5. | C | H | H | H | H | | | | metana | $CH_4$ |
| 6. | C | C | H | H | H | H | | | etena | $C_2H_4$ |
| 7. | C | C | C | C | C | C | H | .... | glukosa | $C_6H_{12}O_6$ |
| | Penulisan demikian tidak efisien | | | | | | | | | Penulisan demikian lebih efisien |

Gambar skematis molekul: metana, amonia, dan air.

Metana Amonia Air

**Gambar 11.5** Molekul metana, amonia dan air
**Sumber:** Dokumen Penerbit

Molekul yang terdiri atas dua atom atau lebih yang berbeda jenisnya disebut molekul senyawa.

## Kecakapan Personal

Pilihlah pernyataan yang sesuai dari lajur kanan untuk tiap model pada lajur kiri.

Skema

| | |
|---|---|
| 1. | |
| 2. | |
| 3. | |

Pernyataan

a. Atom

b. Molekul unsur

c. Molekul senyawa

## Rangkuman

1. Atom adalah bagian terkecil materi.
2. Atom menurut John Dalton tak dapat diciptakan dan dimusnahkan.
3. Molekul adalah gabungan dua atom atau lebih baik sejenis maupun tak sejenis.
4. Molekul unsur terdiri dari dua atom atau lebih yang sama.
5. Molekul senyawa adalah gabungan dua atom atau lebih yang tak sejenis.
6. Ion adalah atom atau molekul yang bermuatan listrik.
7. Ion positif, karena atom atau molekul tersebut kehilangan satu atau lebih elektron (disebut Kation).

- Ion negatif, karena atom atau molekul menerima satu atau lebih elektron (disebut anion).
- Ion diatonik, ion yang terdiri dari 2 atom atau dua molekul.
- Ion poliatom, ion yang terdiri dari 3 atau lebih atom atau molekul.
- Produk kimia sehari-hari dengan konsep atom, molekul dan ion:
  a. detergen
  b. margarin
  c. asam sulfat
  d. air murni
  e. garam dapur

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Pernyataan yang benar untuk Ion $Na^+$ adalah ....
   a. mendapat tambahan 1 elektron
   b. bermuatan negatif
   c. bermuatan positif
   d. bersifat netral

2. Zat yang hanya terdiri dari molekul tunggal terdapat pada ....
   a. silikon
   b. gula
   c. garam dapur
   d. batu kapur ($CaCO_3$)

3. Molekul di bawah ini yang termasuk molekul unsur ....
   a. air
   b. garam dapur
   c. ozon
   d. karbon dioksida

4. Yang tergolong ion poliatom adalah ....
   a. $Cl^-$
   b. $Br^-$
   c. $N^{3-}$
   d. $SO_4^{2-}$

5. Atom menurut John Dalton ....
   a. terdiri atas, proton, netron, dan elektron
   b. materi yang netral
   c. bagian yang tidak dapat dibagi lagi dari materi
   d. karbon dapat dijadikan nitrogen

6. Ion ($Al^{3+}$) kehilangan jumlah elektron sebanyak ....
   a. satu
   b. dua
   c. tiga
   d. empat

7. Pada molekul metana ($CH_4$), satu atom karbon mengikat atom hidrogen sebanyak ....
   a. satu atom H
   b. dua atom H
   c. tiga atom H
   d. empat atom H

8. Gaya yang mengikat atom-atom dalam sebuah molekul adalah gaya ....
   a. gravitasi
   b. magnet
   c. inti
   d. elektrostatik

9. Yang merupakan model molekul belerang adalah ....

a.

b.

c.

d.

10. Molekul di bawah tergolong diatomik, **kecuali** ....

a. $CL_2$

b. $F_2$

c. NaCl

d. $H_2O$

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!**

1. Gambarkan ikatan atom satu dengan yang lainnya pada molekul $CH_4$!
2. Yang tertulis di bawah ini, partikelnya tergolong atom, molekul, atau ion:
   a. aluminium
   b. air
   c. gas karbondioksida
   d. NaCl (garam dapur)
   e. $NH_3$ (amonia)
3. Tulis rumus molekul untuk air, metana, dan amonia!
4. Berapa jumlah atom masing-masing unsur senyawa berikut ini:
   a. $K_2SO_4$
   b. $CO(NH_2)_2$
   c. $Al_2(SO_4)_3$
   d. $MgSO_4(7H_2O)$
5. Berapa jumlah atom oksigen yang terdapat pada:
   a. sebuah molekul $HNO_3$
   b. sebuah molekul $Ca(CH_3COO)_2$
   c. sebuah molekul $CO(NH_2)_2$

## Tugas Proyek

1. Cari makanan dalam kemasan, tentukan komposisi bahan makanannya! Adakah bahan kimia yang berbahaya dari makanan tersebut! Bagaimana memilih makanan dalam kemasan?
2. Gambarkan ikatan pada molekul $NH_3$!
3. Sebutkan cara pengawetan makanan tanpa obat pengawet kimia!
4. Jelaskan apa bahayanya obat pengawet makanan dan zat pewarna makanan?
5. Apa bahaya formalin yang ada pada bahan makanan bagi manusia?

BAB XII

# Kegunaan Bahan Kimia dalam Kehidupan

## Tujuan Pembelajaran

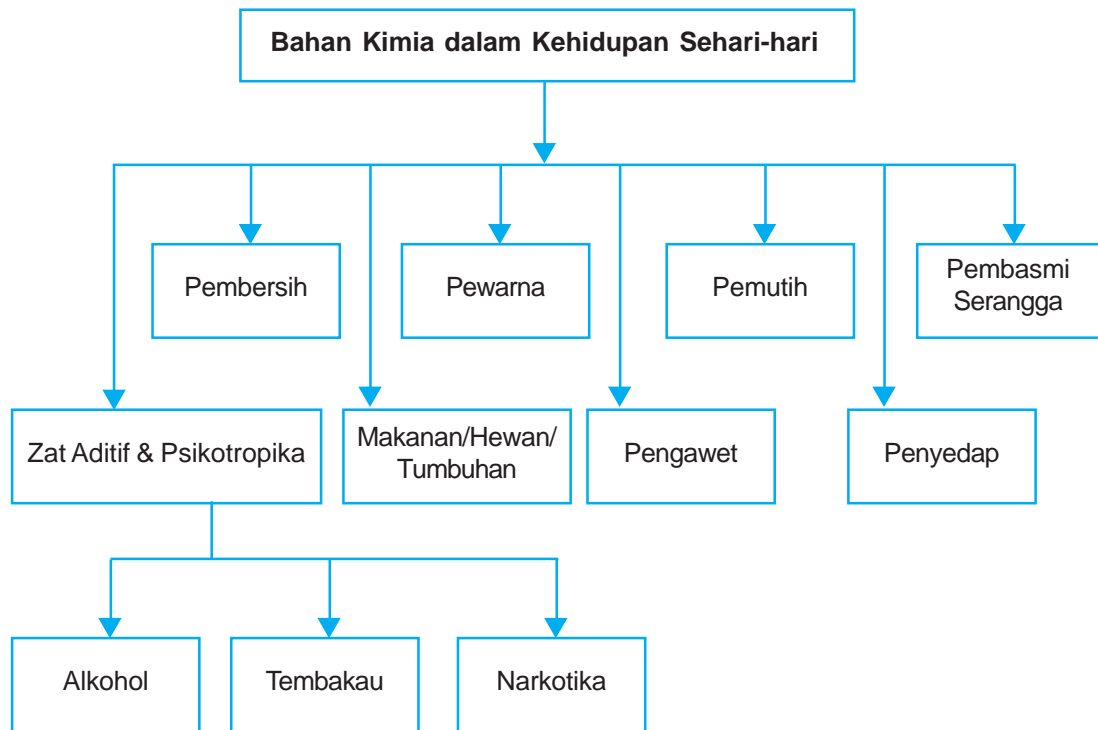
Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:

1. mengumpulkan informasi tentang kegunaan dan efek samping bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari.
2. mengkomunikasikan tentang kegunaan dan efek samping bahan kimia.
3. mendeskripsikan bahan kimia buatan dalam kemasan bahan makanan.
4. mendeskripsikan pengaruh zat adiktif dan psikotropika.
5. menghindar dari bahan adiktif dan psikotropika.

**Sumber:** www.creatived.chocholates.ofut.com

Makanan kemasan seperti gambar di atas saat ini banyak kamu dapati dijual di toko-toko. Perlu kamu ketahui bahwa makanan atau minuman tersebut mengandung bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan bertujuan untuk pengawetan, penambah rasa, atau pewarna makanan. Kita sebagai konsumen harus jeli dan tanggap dalam pemilihan bahan makanan kemasan, agar kita mendapatkan makanan dengan nilai gizi yang baik.

## Peta Konsep

Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari
- Pembersih
- Pewarna
- Pemutih
- Pembasmi Serangga
- Zat Aditif & Psikotropika
  - Alkohol
  - Tembakau
  - Narkotika
- Makanan/Hewan/Tumbuhan
- Pengawet
- Penyedap

## Kata Kunci

- bahan kimia
- bahan pembersih
- bahan pengawet
- bahan pemutih
- bahan pembasmi serangga

## A. Kegunaan dan Efek Samping Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari

Banyak kebutuhan hidup manusia dapat dipenuhi dari bahan-bahan kimia, seperti plastik, sabun, detergen, minyak, zat pewarna, asam sulfat, gula dan masih banyak yang lainnya. Di samping manfaat yang kita dapatkan ternyata ada juga efek samping yang ditimbulkan bahan kimia tersebut yang merugikan manusia. Tabel di bawah ini merupakan contoh kegunaan dan efek samping yang ditimbulkannya.

**Tabel 12.1. Kegunaan bahan kimia dan efek samping yang ditimbulkan**

| Bahan kimia | Kegunaan | Dampak/efek samping |
|---|---|---|
| Minyak solar | • Bahan bakar mesin diesel | • Pencemaran air dan tanah, mematikan tanaman.<br>• Minyak solar yang tumpah di laut mematikan ikan dan plankton. |
| Zat pewarna pakaian | • Mewarnai pakaian | • Berbahaya karena beracun jika masuk tubuh manusia. |
| Deterjen | • Bahan pencuci | • Pencemaran air (mematikan bakteri pembusuk, menyebabkan penguraian sampah dan kotoran terhambat. |
| Insektisida | • Membasmi hama tanaman | • Mematikan organisme pada tanah yang bermanfat.<br>• Polusi tanah. |
| Plastik | • Sebagai bahan penyekat/ isolator panas dan air, pembungkus makanan | • Plastik yang dibakar menghasilkan gas yang merupakan penyebab kanker. |
| Asam sulfat | • Pengisi aki dan bahan reaksi kimia di laboratorium | • Asam pekat merusakkan kulit dan daging manusia yang terkena. |
| Kaporit | • Pemutih<br>• Desinfektan | • Pencemaran tanah dan air<br>• Membunuh bakteri pembusuk |
| Parfum | • Mengharumkan ruang, baju | • Tanpa efek samping |
| Gas Freon | • Pendingin | • Merusak ozon |

| Bahan kimia | Kegunaan | Dampak/efek samping |
|---|---|---|
| Formalin | • Pengawet lem, binatang, sabun | • Jika masuk dalam tubuh merusak organ tubuh seperti ginjal |
| Borak | • Penyamak kulit<br>• Mengubah tekstur<br>• Cuci mata | • Merusak ginjal jika masuk dalam tubuh manusia |

**Keterkinian**

Cari informasi 3 jenis bahan kimia dan efek sampingnya!

## B. Bahan Kimia Alami dan Buatan yang Terdapat dalam Bahan Makanan

### 1. Bahan kimia alami

Bahan kimia alami adalah bahan kimia yang kita dapatkan di alam atau tanpa dibuat oleh manusia. Bahan kimia alami ada yang dikandung oleh bumi, udara, makanan, hewan, dan manusia.

### 2. Senyawa karbon dalam tubuh makhluk hidup dan bahan kimia alam

Makanan yang sehat harus mengandung karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, dan air. Empat zat makanan yang disebut terdahulu tergolong senyawa karbon. Dari manakah tubuh kita memperoleh senyawa karbon yang diperlukan dan apakah yang terjadi dengan zat itu dalam tubuh kita?

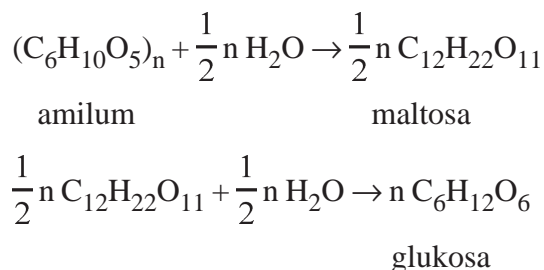
## a. Karbohidrat

Sumber utama karbohidrat bagi tubuh kita ialah beras, jagung, sagu, ketela, dan kentang. Bahan makanan ini mengandung amilum, suatu polioksida $(C_6H_{10}O_5)_n$. Buah-buahan memberi kepada tubuh kita gula, yaitu monooksida dan disakarida yang rasanya manis dan larut dalam air.

Amilum dan disakarida tidak diabsorpsi oleh usus sebelum diuraikan lebih dahulu menjadi mono sakarida. Pencernaan karbohidrat sudah dimulai di mulut dengan bantuan *enzym ptyalin*. Di sini amilum dihidrolisis menjadi dekstrin dan maltosa, suatu disakarida $(C_{12}H_{22}O_{11})$. Dekstrin merupakan hasil antara hidrolisis amilum yang belum diketahui rumus kimianya.

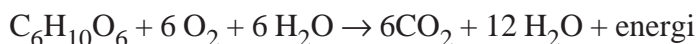
Dalam lambung pencernaan karbohidrat agak terhambat karena ptyalin tidak dapat bekerja dalam lingkungan asam (HCl). Setelah makanan itu mencapai usus kecil yang lingkungannya bersifat basa pencernaan dilanjutkan lagi. Di sini enzim-enzim dalam getah pankreas dan getah usus kecil mengkatalisasi reaksi hidrolisis. Sebagai hasil akhir hidrolisis amilum ialah glukosa. Reaksinya ditulis sebagai berikut:

$$\underset{\text{amilum}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + \frac{1}{2}n\,H_2O \rightarrow \frac{1}{2}n\,\underset{\text{maltosa}}{C_{12}H_{22}O_{11}}$$

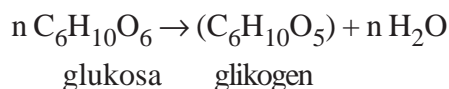
$$\frac{1}{2}n\,C_{12}H_{22}O_{11} + \frac{1}{2}n\,H_2O \rightarrow n\,\underset{\text{glukosa}}{C_6H_{12}O_6}$$

Contoh kemasan:

**Gambar 12.1** Contoh kemasan
Sumber: www.tokoindonesia.de

Absorpsi glukosa sebagian besar terjadi di usus kecil. Kemudian darah mengangkut zat ini ke semua jaringan yang memerlukannya. Glukosa merupakan sumber energi utama tubuh kita. Energi itu dibebaskan melalui reaksi oksidasi.

$$C_6H_{10}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12\,H_2O + \text{energi}$$

*Reaksi di atas sesungguhnya berlangsung sangat kompleks.*

Kadar glukosa dalam darah manusia normal kira-kira 0,15 %, untuk seorang penderita penyakit kencing manis kadarnya lebih tinggi lagi. Kelebihan glukosa dalam darah oleh hati diubah menjadi glikogen, suatu polisakarida, dan disimpan sebagai bahan bakar cadangan.

$$\underset{\text{glukosa}}{n\, C_6H_{10}O_6} \rightarrow \underset{\text{glikogen}}{(C_6H_{10}O_5)} + n\, H_2O$$

## b. Lemak

Pencernaan lemak dimulai di usus kecil dan di tempat ini juga berlangsung absorpsi asam karboksilat dan gliserol hasil hidrolisis lemak itu. Reaksi hidrolisis lemak dikatalisis adalah enzim lipase yang terdapat dalam getah pankreas. Asam empedu menjadikan lemak itu dalam keadaan terdispensi sehingga reaksi hidrolisis itu berjalan lebih cepat.

Asam karbosilat dan gliserol yang diabsorpsi masuk ke dalam sistem getah bening. Segera setelah diabsorpsi zat-zat tersebut disintesis kembali menjadi lemak. Penelitian menunjukkan bahwa enzim lipase memegang peranan dalam reaksi hidrolisis dan sintesis lemak dalam tubuh kita.

Penggunaan lemak oleh tubuh ialah sebagai bahan bakar dan bahan untuk sintesis senyawa-senyawa lain yang lebih kompleks. Lemak mempunyai nilai kalor yang lebih besar daripada karbohidrat, kira-kira 2,25 kali lebih besar. Tetapi tubuh kita menggunakan lebih dahulu karbohidrat sebagai sumber energi selama ada persediaan, dalam keadaan darurat baru menggunakan lemak.

## c. Protein

Pencernaan protein dimulai di lambung dengan enzim pepsin sebagai katalis. Enzim ini bekerja dalam lingkungan asam. Di usus kecil hidrolisis protein dikatalisis oleh enzim tripsin dan peptidase. Hasil akhir hidrolisis ialah asam amino. Darah membawa asam amino yang diabsorpsi ke semua bagian tubuh yang memerlukannya dan di sini zat itu disintesa menjadi protein yang khas. Tubuh menggunakan protein untuk membangun jaringan baru pada pertumbuhan dan untuk mengganti jaringan yang rusak atau mati.

## d. Vitamin

Pada tahun 1905 para ilmuwan mengemukakan bahwa makanan yang terdiri atas karbohidrat, lemak, protein dan mineral masih belum cukup. Dikatakannya pada makanan itu harus ada suatu zat lagi, yang pada waktu itu masih belum dikenal, untuk menjaga kesehatan badan dan menghindari penyakit karena kekurangan gizi. Pendapat ini diperkuat dengan hasil penelitian Eykman (1858 - 1930) tentang beri-beri yang timbul karena terus-menerus makan beras putih yang dipoles. Para pelaut yang melakukan pelayaran jauh sering kali terjadi penyakit sariawan usus karena kurang makan sayuran dan buah-buahan segar. Funk (1884 - 1967) menamakan zat-zat yang diperlukan oleh tubuh tersebut *vitamin*.

Tubuh kita memerlukan vitamin dalam jumlah yang sedikit untuk melancarkan proses-proses kimia yang berlangsung dalam tubuh. Fungsi vitamin bukan sebagai sumber energi dan juga bukan sebagai bahan untuk membangun jaringan.

Vitamin tidak dapat disintesis oleh tubuh kita, jadi harus diperoleh dari makanan. Sumber utama vitamin adalah makanan yang berasal dari tumbuhan. Tetapi sekarang vitamin itu sudah dapat dibuat secara sintetik.

Vitamin diklasifikasikan dalam dua golongan: (a) vitamin yang larut dalam minyak atau pelarut minyak (A, D, E, dan K), dan (b) vitamin yang larut itu belum dalam air (B dan C). Kita menggunakan huruf-huruf dalam tata nama vitamin karena pada waktu itu belum diketahui rumus kimia zat-zat tersebut.

Tubuh kita memerlukan vitamin dalam jumlah yang sedikit saja, jadi minum vitamin secara berlebihan tidak dibenarkan.

## e. Enzim

Dalam tubuh makhluk hidup ada berbagai macam protein, tetapi ada suatu kelompok protein yang mempunyai fungsi khas, yaitu *enzim*. Enzim disebut juga katalis dalam sistem hidup. Tanpa enzim reaksi-reaksi kimia dalam tubuh makhluk hidup tidak akan berlangsung pada suhu badannya. Enzim memungkinkan juga ikan dapat hidup di daerah antartika yang suhunya di bawah $0^{o}$C.

Sebagai katalis, enzim ikut ambil bagian dalam reaksi kimia tetapi pada akhir reaksi zat ini terbentuk kembali. Karena itu enzim dapat digunakan berulang-ulang. Ini berarti tubuh makhluk hidup tidak perlu menggunakan banyak energi untuk memproduksi enzim yang diperlukan.

Enzim mempunyai beberapa sifat khas dalam kimia organisme hidup:

### 1) Enzim tidak tahan panas

Sebagai protein enzim mengalami denaturasi pada suhu tinggi.

### 2) Enzim bekerja efisien pada suhu optimum

Suhu optimum enzim dalam tubuh kita adalah $37^{o}$C. Pada suhu di atas atau di bawah suhu optimum kerja enzim menjadi kurang efisien.

Reaksi berlangsung paling cepat pada suhu $37^{o}$C, sehingga dikatakan kerja enzim paling efisien pada suhu tersebut. Hal ini tidak selalu benar, misalnya pada proses pernapasan jika enzim itu bekerja terus maksimal maka banyak energi yang terbuang.

Perubahan suhu mempengaruhi kerja enzim dan ini dapat mengakibatkan efek fisiologis yang berarti. Karena walaupun perubahan suhu itu kecil tetapi sudah dapat mengganggu proses metabolisme yang normal, proses itu berlangsung cepat atau terlalu lambat. Manusia dan hewan golongan mamalia mempunyai suhu tubuh yang hampir konstan, sehingga kecepatan metabolismenya tidak dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan. Sebaliknya reptilian (hewan

melata) suhu tubuhnya sangat bergantung pada suhu lingkungannya. Bagi golongan hewan ini pada waktu suhu udara turun sampai titik tertentu, aktivitas tubuhnya harus banyak dikurangi. Pada waktu suhu udara tinggi dapat membuat enzim tubuh inaktif sehingga dapat mematikannya.

### 3) Enzim dapat diracuni

Zat-zat kimia seperti raksa (II) klorida dan hidrogen sianida dikenal sebagai racun kuat bagi tubuh kita. Zat-zat ini membuat enzim tubuh kita inaktif sehingga proses metabolisme berhenti. Misalnya hidrogen sianida memblokir kerja salah satu enzim pernapasan.

### 4) Enzim dapat dibius

Kloroform dan dietil eter mempunyai sifat menekan kerja enzim sehingga reaksi-reaksi yang memerlukan enzim sebagai katalis, akan berjalan lebih lambat. Akibatnya makhluk hidup yang menghirup zat ini menjadi terbius. Penggunaan terlalu banyak obat bius dapat berakibat fatal, karena enzim menjadi berhenti.

### 5) Kerja enzim spesifik

Bagi enzim sifat ini yang paling signifikan. Seringkali enzim hanya dapat mengkatalisis satu reaksi tertentu. Misalnya enzim sakarase hanya dapat mengkatalisis reaksi hidrolisis sakarosa menjadi glukosa dan fruktosa.

Maltosa dan laktosa tidak diuraikannya. Untuk hidrolisis maltosa diperlukan enzim maltase dan untuk laktosa diperlukan laktase.

Nama enzim diturunkan dari nama substrat yang bereaksi ditambah dengan akhiran -*ase*. Selain yang sudah disebut di atas, contoh enzim yang lain lagi ialah peptidase (menguraikan peptide) dan lipase (menguraikan lipida). Menurut tata nama yang lama pada enzim diberi akhiran -*in* untuk menunjukkan kesamaannya dengan protein. Misalnya ptyalin, enzim dalam air liur yang mengkatalisis reaksi hidrolisis amilum. Tetapi sekarang enzim ini disebut amylase saliva.

### 6) Sarat yang diperlukan untuk kerja enzim

Banyak enzim memerlukan lingkungan tertentu untuk dapat bekerja optimal, misalnya suhu, pH, dan sebagainya. Selain itu seringkali diperlukan juga kehadiran zat lain. Misalnya amilase saliva hanya dapat bekerja jika ada ion $Cl^-$.

Ion $Mg^+$ diperlukan oleh enzim-enzim yang mengkatalisis dan menguraikan glukosa. Beberapa enzim memerlukan suatu senyawa karbon lain yang molekulnya lebih kecil dan bukan protein, supaya dapat berfungsi dengan baik. Pada hakekatnya enzim terdiri atas dua bagian: protein atau apoenzim yang terdiri atas protein yang molekulnya besar, dan nonprotein. Penelitian menunjukkan bahwa beberapa koenzim terdiri atas vitamin.

Dengan ini dapat dimengerti apa sebabnya kalau tubuh kekurangan vitamin dapat mengakibatkan efek fisiologis yang merugikan. Hal ini disebabkan beberapa enzim tidak berfungsi dan metabolisme mengalami gangguan.

## Kecakapan Personal

1. Tuliskan persamaan reaksi yang menunjukkan peranan air dalam pencernaan amilum, lemak, dan protein!
2. Sebutkan nama beberapa unsur hara yang diperlukan oleh tubuh kita dan peranannya!
3. Apakah fungsi vitamin bagi tubuh?
4. Tuliskan nama beberapa enzim dan peranannya!

Bahan kimia yang ada dalam tubuh manusia mirip dengan bahan kimia pada hewan dan makanan.

## 3. Zat tambahan pada makanan dan bahayanya

Kita makan untuk hidup. Zat-zat makanan yang diperlukan tubuh kita berupa: karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, dan air. Selain zat makanan tersebut di atas, di dalam makanan kita masih terdapat zat-zat lain yang pada umumnya tidak mempunyai nilai gizi. Zat-zat ini disebut zat tambahan pada makanan.

Zat tambahan tersebut ada yang sengaja ditambahkan dan ada yang tidak sengaja ditambahkan pada makanan. Sengaja dicampurkan dengan makanan, dengan maksud agar makanan tersebut tampak menarik, lebih sedap bau dan rasanya, dan lebih awet. Sedangkan zat yang tidak sengaja ditambahkan pada makanan, misalnya obat hama yang mungkin masih ada pada sayur-sayuran, dan obat hormon pada daging ayam.

Zat-zat tambahan tersebut berbahaya bagi manusia bila termakan, maka disebut zat pencemar.

### *a. Zat warna*

Zat ini ditambahkan pada makanan untuk membuatnya lebih menarik sehingga menambah nafsu makan. Penggunaan zat warna yang tidak sesuai dapat memberi efek yang sebaliknya.

Umumnya kita menggunakan dua macam zat warna untuk makanan:

1) Zat warna nabati, misalnya warna hijau dari daun suji, dan warna kuning atau jingga dari kunir (curcuma).
2) Zat warna sintetik.

**Tabel 12.3 Beberapa contoh bahan pewarna buatan**

| Bahan Pewarna | Warna | Contoh bahan makanan |
|---|---|---|
| Tartrazine | Kuning | Minuman, es krim, permen |
| Sunset yellow | Oranye | Roti, permen, minuman |
| Eritrosin | Merah | Produk susu, makanan ringan |
| Allura Red AC | Oranye-merah | Puding, permen, minuman |
| Indigotine | Biru | Es krim, permen, makanan ringan |

## b. *Zat penyedap*

Di antara semua zat tambahan pada makanan, zat penyedap merupakan zat yang paling banyak digunakan. Sebagian besar zat penyedap merupakan zat sintetik.

Suatu jenis zat penyedap yang banyak digunakan pada minuman sirup dan kue ialah ester-ester (essence) yang memberi aroma buah-buahan.

**Tabel 12.4. Ester-Ester yang memberi aroma buah-buahan**

| No. | Nama ester | Aroma buah-buahan |
|---|---|---|
| 1. | Butil Asetat | Murbei |
| 2. | Amil Asetat | Per, pisang ambon |
| 3. | Oktil Asetat | Jeruk |
| 4. | Etil Asetat | Arbei |
| 5. | Amil Valerat | Apel |
| 6. | Metil Salisilat | Minyak ganda pura |

*Mononatrium glutamat* ialah suatu asam amino karboksilat yang diperlukan tubuh kita untuk membentuk protein. Zat ini diperdagangkan dengan berbagai merek. Walaupun demikian penggunaan zat ini sebagai penyedap makanan tidak boleh berlebihan. Penggunaan zat ini secara berlebihan dan dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan efek yang merugikan kesehatan. Di Amerika disinyalir zat penyedap ini sudah menimbulkan penyakit ”Chinese Restaurant Syndrome”. Gejala penyakit ini ialah sakit kepala, sesak nafas, badan letih, dan sakit dada seperi kena serangan penyakit jantung.

Dalam minuman sering kali digunakan zat pemanis sintetik yang sifatnya jauh lebih manis daripada gula pasir, misalnya *sakarin*, *dulsin*, dan *siklamat*. Di beberapa negara zat ini sudah dilarang dipakai lagi karena dapat menimbulkan penyakit kanker pada hewan percobaan.

**Tabel 12.5. Zat pemanis pada makanan**

| No. | Nama | Rasa manis dibanding dengan gula |
|---|---|---|
| 1. | Sakarin | 500 kali |
| 2. | Dulsin | 250 kali |
| 3. | Siklamat | 50 kali |

## c. *Zat pengawet*

Penggunaan gula dan garam sebagai pengawet sudah diketahui banyak orang. Untuk makanan dalam kaleng umumnya digunakan zat pengawet lain, misalnya *natrium-benzoat*, *nipogin*, sendawa, dan *asam sitrat*. Ada kalanya digunakan juga *antibiotik*.

Minyak dan lemak jika tidak disimpan dengan baik, lama-kelamaan menjadi tengik atau berbau tak sedap. Peristiwa ini terjadi karena asam lemak yang tidak jenuh dalam bahan ini teroksidasi. Udara, cahaya, dan kerja bakteri adalah penyebabnya. Untuk mencegah proses ini pada minyak atau lemak ditambahkan zat pengawet yang tergolong ”antioksidan”, Contohnya:

1) Butil Hidroksi Anisol (BHA)
2) Butil Hidroksi Toluena (BHT)

Biasanya antioksidan digunakan bersama dengan asam sitrat atau asam askorbat (vitamin C) yang fungsinya untuk memperkuat kerja antioksidan itu.

## d. Bahan pemutih

Bahan pemutih pada kain atau sering disebut ”pengelantung” dapat menggunakan beberapa macam senyawa, di antaranya adalah sebagai berikut.

1) $Ca(OCl)_2$ : kaporit atau kalsium hipoklorit.
2) $NaOCl$ : natrium hipoklorit klorida atau dikenal dengan nama ”kloroks”.
3) $CaOCl_2$ : kalsium hipoklorit klorida atau dikenal dengan nama ”kapur klor”.
4) $H_2O_2$ : hidrogen peroksida, dengan daya oksidasi yang sangat besar sehingga penggunaannya harus hati-hati dengan kadar yang benar-benar aman.

## e. Pembasmi serangga

Semua insektisida adalah racun, maka dapat digunakan untuk membunuh serangga, sehingga pada saat kita menggunakannya di rumah tentu saja harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

1) Gunakan seperlunya saja, jangan berlebih-lebihan.
2) Jangan menyemprot ruangan jika di dalamnya terdapat makanan.
3) Usahakan menyemprot ruangan dalam keadaan kosong tidak ada orang.
4) Cuci tangan dengan sabun sesudah menyemprot ruangan.

Selain penggunaan di dalam rumah tangga, insektisida juga banyak digunakan di lahan pertanian. Hal ini juga menimbulkan dampak negatif antara lain sebagai berikut.

1) Pemakaian insektisida yang berlebihan akan dapat larut dalam air dan akan meracuni hewan air.

**Info Sains**

**Sumber:** www.greeapeace.org

DDT (Dikloro Diferil Trikloroetana) adalah insektisida jenis organoklor yang mempunyai rumus kimia HC $(C_6H_4Cl) CCl_3$. Pada Perang Dunia II, DDT yang dicampur dengan bedak digunakan tentara untuk menghindari penyakit malaria dalam medan pertempuran. DDT dapat merusak sel saraf, serta menghambat metabolisme kalsium untuk pertumbuhan gigi dan tulang. Karena efek samping dari DDT lebih banyak merugikan daripada manfaatnya, sekarang DDT sudah dilarang di beberapa negara maju.

2) Insektisida dapat juga mencemari buah, bijih, atau daun yang berada di permukaan tanah.

3) Jika jenis insektisida yang tidak terurai oleh mikroorganisme seperti organoklor, maka terjadilah peristiwa "pembesaran biologis." Racun akan bersarang pada hewan kecil, tetapi tidak menimbulkan kematian dan tidak terurai. Hewan ini akan dimakan oleh hewan yang lebih besar, begitu seterusnya sehingga racun akan terakumulasi menjadi besar dan berbahaya. Contoh: organoklor masuk perairan, masuk ke plankton, kemudian plankton-plankton dimakan ikan maka dalam tubuh ikan akan terakumulasi menjadi lebih besar. Jika ikn-ikan akan dimakan manusia maka dalam tubuh manusia terakumulasi menjadi lebih besar lagi.

**Gambar 12.2** Penggunaan pestisida harus dilakukan dengan hati-hati
**Sumber:** www.fao.org

### *f. Pembersih*

Terdiri dari sabun, detergen, pasta gigi, sampho, pembersih keramik dan lain-lain.

**Keterkinian**

Sebutkan nama beberapa zat pengawet makanan. Terangkan cara penggunaannya dan apa bahayanya bagi kesehatan manusia!

## C. Zat Adiktif/Bahan Psikotropika dan Bahayanya

Zat adiktif adalah zat yang dapat menyebabkan adiksi (kecanduan) bagi orang yang menggunakannya. Contoh zat adiktif adalah rokok dan alkohol. Zat ini akan bersifat adiksi jika digunakan dengan dosis yang berlebih. Penggunaan yang demikian dinamakan penyalahgunaan obat.

## 1. Alkohol

Di kehidupan sehari-hari alkohol banyak terdapat pada minuman seperti Fanta, Sprit, Coca-Cola. Pada minuman kemasan ini kadar alkoholnya rendah. Alkohol juga terdapat pada tape dan minuman keras. Pada minuman keras kadar alkoholnya ada mencapai 90% sehingga jika diminum, merusak tubuh peminumnya.

Tidak pernah ada orang yang mengatakan bahwa alkohol itu enak, ketika untuk pertama kali meminumnya. Memang alkohol merupakan racun bagi tubuh kita. Alkohol mempengaruhi saraf, otot, dan pembuluh darah, bahkan lebih jauh lagi mempengaruhi kesadaran seseorang. Oleh karena itulah, orang yang sedang mabuk tidak wajar bicaranya dan juga jalannya sempoyongan. Saraf otaknya di bawah sadar sehingga orang yang mabuk tidak memiliki rasa malu serta melakukan hal-hal yang oleh orang yang sadar tidak akan melakukannya. Jika ia tambah lagi minumnya maka ia tidak sadarkan diri. Oleh karena itu, ada hubungan yang signifikan antara alkohol dan kriminalitas.

Terlalu banyak alkohol akan merusak lambung, hati, dan jantung. Jadi minum alkohol itu tidak ada gunanya karena di samping merusak kesehatan juga memungkinkan terjadinya tindak kriminalitas dan juga menghamburkan uang.

## 2. Tembakau

Penggunaan tembakau lebih banyak daripada penggunaan alkohol; misalnya untuk rokok, pelengkap menyirih, atau dikunyah.

Tembakau mengandung suatu racun yang disebut nikotin. Hal ini ditunjukkan oleh nama ilmiahnya, yaitu *Nicotiana tabacum*. Nikotin dapat mempengaruhi saraf dan jantung. Orang yang pertama kali merokok, mungkin akan mabuk, merasa pusing wajahnya pucat, dan berkeringat dingin. Di samping nikotin yang terbawa asap ketika merokok, akan masuk juga ke dalam paru-paru perokok itu ter dan partikel asap. Partikel asap dan ter inilah yang mengganggu tenggorokan sehingga perokok dapat menderita batuk kronis. Penyakit lain yang parah yang dapat ditimbulkan oleh tembakau ialah gangguan pada jantung dan kanker pada mulut, bibir, lidah, dan paru-paru.

Merokok hanyalah suatu kebiasaan saja. Oleh karena itu, janganlah kesehatan kita dikorbankan untuk sesuatu yang sia-sia ini.

## 3. Narkotik

Narkotik ialah zat-zat kimia yang pada tubuh manusia mengganggu atau mematikan saraf sehingga dapat menginduksikan tidur dan mengurangi rasa sakit. Karena sifat-sifat itulah, narkotik digunakan dalam bidang kedokteran. Pemakaian dalam jumlah sedikit dan dengan pengawasan dokter tidak menimbulkan bahaya ketagihan.

Tembakau pun sebenarnya suatu narkotik, bedanya ialah bahwa tembakau menimbulkan kebiasaan pada pemakainya, sedangkan narkotik lainnya menyebabkan ketagihan. Kebiasaan

itu suatu sikap mental, sedangkan ketagihan timbul karena adanya perubahan-perubahan dalam sel sebagai akibat dari gangguan yang terus-menerus.

Penyalahgunaan narkotika yaitu mengkonsumsi narkotika di luar petunjuk dokter untuk memperoleh kenikmatan sementara.

Gangguan narkotik itu lebih berbahaya lagi karena semakin lama menggunakan narkotik, semakin tinggi dosis yang dibutuhkan dan akhirnya harus menggunakan jenis narkotik yang lebih keras lagi. Kalau tahap ini dicapai, orang itu telah ketagihan narkotik, dan tergantung secara psikis dan fisik kepada narkotik. Seseorang yang telah ketagihan narkotik akan mempertaruhkan apa saja hanya untuk mendapatkan ganja, morfin, atau heroin. Narkotik itu mahal. Penghasilan yang didapatkan seseorang dari pekerjaan normal tidak akan mungkin cukup untuk memenuhi kebutuhan narkotiknya. Akibatnya orang yang ketagihan akan melakukan tindak kriminalitas, seperti atau apapun asal mendapat apa yang diinginkan pencurian, perampokan, dan penyelundupan.

Penggunaan narkotik baik di luar maupun di dalam negeri, terutama di kota-kota besar, terus meningkat. Kaum muda pun, banyak yang terjerumus pada penggunaan narkotik. Apakah yang dapat diharapkan kelak dari generasi muda seperti itu?

Menyembuhkan atau menghilangkan ketagihan narkotik itu tidak mudah. Baik jiwa maupun tubuhnya harus dikembalikan kepada keadaan semula secara bertahap. Tubuhnya harus diberi kesempatan menyesuaikan diri pada kehidupan baru tanpa narkotik; demikian pula jiwanya harus dipelihara. Setelah sembuh dari ketagihannya, lingkungan hidupnya perlu diawasi agar tidak kambuh lagi ketagihannya akibat pergaulan dengan teman-teman pemakai narkotik.

Pada awalnya hanya ada satu jenis narkotika yaitu candu, baru kemudian ditemukan jenis narkotik lainnya, seperti heroin, morfin, cocain, dan ganja.

Masalah narkotik ini telah menjadi masalah dunia, baik ditinjau dari segi kesehatan maupun dari segi ketahanan nasional dalam kehidupan bangsa dan negara.

Kegunaan obat bius/narkotika yaitu obat bius pada operasi bedah. Pada tubuh manusia menurunkan gairah makan, menimbulkan ketagihan, sehingga pemakai menjadi kurus.

## Kecakapan Kontekstual

Usaha-usaha apakah yang dapat kamu lakukan untuk menghindarkan terjadinya kerusakan generasi muda oleh narkotik?

## D. Menghindarkan dari Pengaruh Zat Adiktif dan Psikotropika

Untuk menghindarkan diri dari bahan adiktif psikotropika dilakukan usaha sebagai berikut.

1. Mencari teman dalam pergaulan yang bersih dari narkoba dan zat adiktif. Jangan bergaul dengan teman yang mengkonsumsi obat-obat terlarang.
2. Apabila Anda mengetahui teman Anda sebagai pecandu narkoba, bantu memperingatkan untuk tidak merusak tubuh sendiri.

## Rangkuman

1. Bahan kimia alami

   Bahan kimia alami bahan kimia ciptaan Tuhan, ada di permukaan bumi, air, udara, tumbuhan, hewan, dan manusia.
2. Bahan kimia buatan, bahan kimia buatan manusia asam, basa, dan garam seperti asam sulfat, CaOH
3. Bahan kimia yang berguna dalam kehidupan sehari-hari.
   - sabun
   - detergen
   - margarin
   - minyak goreng
   - minyak tanah/bensin
   - polimer
4. Efek samping bahan kimia dapat menimbulkan pencemaran: air, tanah, udara, dan menimbulkan penyakit pada manusia.
   - Mencemari air; detergen, minyak, sampah
   - Mencemari tanah; detergen, minyak, plastik
   - Mencemari udara; gas CO; $CO_2$, metana, Cl
5. Bahan polimer, bahan yang memiliki molekul raksasa seperti:

   polimer dari tumbuhan : selulosa, lignin, karbohidrat

   polimer dari hewan : protein

polimer alam : selulosa, karet, protein
polimer sintetis : polistiren, polietilen, nilon
polimer turunan : selulosa xantat, selulosa nitrat, selulosa asetat

6. Senyawa karbon dalam tubuh makhluk hidup dan kimia alam:
   - karbohidrat
   - lemak
   - protein
   - vitamin
   - enzim
7. 

| Bahan Kimia untuk Rumah Tangga | | |
|---|---|---|
| **Pembersih** | **Pemutih** | **Insektisida** |
| a. sabun<br>b. detergen | a. kaporit<br>b. kloroks<br>c. kapur klor<br>d. hidrogen peroksida | a. organoklor<br>b. organofosfat<br>c. karbonat |

8. Sifat zat adiktif:
   Alkohol : mempengaruhi saraf, otot dan pembuluh darah
   Tembakau : nikoton mempengaruhi saraf
   Narkotik : mematikan saraf, menyebabkan ketagihan
9. Bahaya yang ditimbulkan:
   Alkohol : merusak fisik dan mental, tidak semangat bekerja
   Tembakau : menimbulkan batuk kronis dan kanker paru-paru
   Narkotik : ketagihan dan jika over dosis, dapat menyebabkan kematian

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Nitrogen yang ada di udara turun dan masuk ke tanah ketika terjadi ....
   a. petir  c. angin ribut
   b. hujan  d. polusi udara

2. Polusi udara ditimbulkan oleh ....
   a. gas buangan
   b. gas yang diproduksi
   c. gas alam cair (LNG)
   d. oksigen

3. Pencemaran oleh sampah pada air tergolong pencemaran ....
   a. kimia  c. biologi
   b. fisika  d. organik

4. Bahan dasar terpenting pembuatan asam sulfat ....
   a. belerang  c. garam dapur
   b. gipsum  d. lemak

5. Bahan kimia dasar terpenting pada pembuatan detergen adalah ....
   a. lemak  c. benzena
   b. NaOH  d. soda kue

6. Bahan kimia alam yang ada di tanah adalah ....
   a. $CO_2$  c. $N_2$
   b. $P_2O_5$  d. $O_2$

7. Berikut ini senyawa karbon yang ada di tubuh manusia, **kecuali** ....
   a. $C_{12}H_{22}O_{11}$  c. $C_6H_{12}O_6$
   b. $C_6H_{10}O_5$  d. $CH_3COOH$

8. Yang termasuk glikogen dalam tubuh adalah ....
   a. $C_{12}H_{22}O_{11}$  c. $C_6H_{12}O_6$
   b. $C_6H_{10}O_5$  d. $CH_3COOH$

9. Zat-zat yang menyebabkan enzim tubuh menjadi inaktif adalah....
   a. $CO_2$
   b. hidrogen sianida
   c. $O_2$
   d. $H_2S$

10. Enzim pada tubuh bekerja secara efisien pada suhu ....
    a. 30°C  c. 37°C
    b. 35°C  d. 39°C

11. Yang termasuk zat adiktif adalah ....
    a. detergen  c. sari buah merah
    b. alkohol  d. penyedap rasa

12. Pewarna makanan yang tidak berbahaya adalah ....
    a. berasal dari batubara
    b. berasal dari curcuma
    c. pewarna pakaian
    d. naptol

13. Ester penyedap rasa yang berasal dari buah apel adalah ....
    a. metil salisilat
    c. oktil asetat
    b. amil valerat
    d. amil asetat

14. Yang dimaksud zat adiktif adalah bahan yang ....
    a. menyedapkan makanan
    b. memberikan warna
    c. menimbulkan ketagihan
    d. menimbulkan kanker

15. Orang yang dibius total pada proses operasi, pada dasarnya juga disuntik bahan ....
    a. narkotika dosis tinggi
    b. narkotika dosis disesuaikan
    c. heroin dosis tinggi
    d. obat tidur

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Belerang yang ada di bumi, tergolong bahan kimia alam atau buatan? Jelaskan!
2. Mengapa unsur-unsur di alam hanya ada beberapa yang murni?
3. Apa yang dimaksud bahan kimia alami?
4. Apa yang dimaksud bahan kimia sintetis?
5. Nilon, tetoron, dan rayon tergolong bahan kimia yang mana?
6. Apa bahan dasar pembuatan:
   a. detergen    b. asam sulfat    c. margarin    d. gula
7. Apa bahaya alkohol bagi manusia dan kegunaan alkohol bagi manusia!
8. Apa guna dari psikotropika dalam kedokteran dan apa bahayanya?
9. Apa fungsi zat pewarna pada makanan dan apa bahayanya?
10. Apa efek samping dari soda api/detergen?
11. Apa efek samping dari bahan insektisida?
12. Apa efek samping dari solar?
13. Apa efek samping gula bagi tubuh manusia?
14. Apa bahaya nikotin bagi tubuh manusia?
15. Apa yang dimaksud zat adiktif?

## Tugas Proyek

1. Kunjungi pusat rehabilitasi narkoba secara berkelompok, tanyakan kepada pengasuh dan pecandu tentang:
   a. Sebab-sebab menjadi pecandu
   b. Akibat/pengaruh jelek yang dirasakan pecandu
   c. Adakah sikap penyesalan pecandu
2. Kumpulkan informasi lewat majalah atau koran tentang pencemaran:
   a. air    b. tanah    c. udara

   Hal yang perlu dikumpulkan:
   a. Bahan penyebabnya
   b. Pengaruh/dampak
   c. Solusi penanganan pencemaran tersebut!

## Latihan Soal Akhir Semester I

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Proses pertambahan volume yang irreversibel disebut ....
   a. regenerasi
   b. berkembang biak
   c. pertumbuhan
   d. perkembangan

2. Di bawah ini adalah jaringan yang sel-selnya selalu membelah ....
   a. kambium
   b. ujung daun
   c. sel-sel yang tua
   d. epidermis

3. Hormon di bawah ini yang memengaruhi pembentukan organ adalah ....
   a. sitokinin
   b. traumalin
   c. auksin
   d. kalin

4. Bila kita menanam biji, pertumbuhannya akan terhambat bila kena pengaruh ....
   a. suhu
   b. cahaya
   c. kelembaban
   d. tekanan

5. Pertumbuhan yang cepat di tempat gelap disebut ....
   a. regulasi
   b. regenerasi
   c. kelembaban
   d. tekanan

6. Zat-zat makanan pokok di bawah ini adalah ....
   a. karbohidrat, mineral, air
   b. karbohidrat, lemak, protein
   c. karbohidrat, vitamin, mineral
   d. karbohidrat, protein, mineral

7. Bagian alat pencernaannya tidak berfungsi mencerna makanan adalah ....
   a. rongga mulut
   b. lambung
   c. kerongkongan
   d. usus halus

8. Penyerapan makanan terjadi dalam ....
   a. mulut
   b. lambung
   c. usus halus
   d. usus besar

9. Yang menghasilkan empedu ialah ....
   a. hati
   b. pankreas
   c. lambung
   d. usus

10. Gigi susu mempunyai rumus gigi ....
   a. $\frac{3\ \ 1\ \ 2 \mid 2\ \ 1\ \ 3}{3\ \ 1\ \ 2 \mid 2\ \ 1\ \ 3}$
   b. $\frac{2\ \ 1\ \ 2 \mid 2\ \ 1\ \ 2}{2\ \ 1\ \ 2 \mid 2\ \ 1\ \ 2}$
   c. $\frac{3\ \ 2\ \ 1 \mid 2\ \ 2\ \ 1\ \ 2\ \ 3}{3\ \ 2\ \ 1 \mid 2\ \ 2\ \ 1\ \ 2\ \ 3}$
   d. $\frac{5\ \ 1\ \ 2 \mid 2\ \ 1\ \ 5}{5\ \ 1\ \ 2 \mid 2\ \ 1\ \ 5}$

11. Udara pernasapan pada manusia berjumlah ....
    a. 1.500 cc
    b. 3.500 cc
    c. 500 cc
    d. 2.500 cc

12. Infeksi selaput paru-paru disebut ....
    a. bronkitis
    b. pneumonia
    c. rinitis
    d. pleuritis

13. Anak diberi vaksin BCG agar tidak terserang ....
    a. TBC
    b. polio
    c. tetanus
    d. demam berdarah

14. Di bawah ini yang **bukan** termasuk alat pernapasan adalah ....
    a. mulut
    b. bronkus
    c. hidung
    d. trakea

15. Gerakan pada pernapasan dada dilaku-kan oleh ....
    a. diafgrama
    b. paru-paru
    c. otot perut
    d. tulang-tulang rusuk

16. Darah merupakan alat pertahanan, yang dilakukan oleh ....
    a. sel darah putih
    b. sel darah merah
    c. trombosit
    d. plasma darah

17. Sel darah putih dapat dibedakan seperti di bawah ini, **kecuali** ....
    a. pengangkut oksigen
    b. pengangkut makanan
    c. fagosit
    d. pembeku darah

18. Sel darah putih dapat dibedakan seperti di bawah ini, **kecuali** ....
    a. trombosit
    b. limfosit
    c. monosit
    d. basofil

19. Golongan darah pada manusia dibagi menjadi ....
    a. A, B, O, AB
    b. A, B, C, D
    c. A, AB, B, BB
    d. A, AA, B, O

20. Kelainan yang disebabkan rusaknya sel darah merah oleh aglutinin ibunya sendiri disebut ....
    a. leukemia
    b. eritroblastosis feotalis
    c. sklerosis
    d. varises

21. Jaringan yang dipakai untuk mengangkut air dan garam-garam dari tanah ke daun adalah ....
    a. floem
    b. endodermis
    c. xilem
    d. kambium

22. Urutan dari luar ke dalam pada batang yang benar ialah ....
    a. epidermis, korteks, silinder pusat
    b. epidermis, silinder pusat, korteks
    c. korteks, silinder pusat, epidermis
    d. korteks, epidermis, silinder pusat

23. Lihat gambar penampang daun di bawah ini!

    1 2 3 4

    Yang paling berperan dalam fotosintesis ialah nomor ....
    a. 1
    b. 2
    c. 3
    d. 4

24. Virus yang menyerang tembakau, sehingga daun bercak-bercak disebut ....
    a. CUPD
    b. TMV
    c. virus tungro
    d. virus daun

25. Daun putri malu bila disentuh akan mengkatup, gerakan ini dinamakan ....
    a. seismonasti
    b. termonasti
    c. niktinasti
    d. fotonasti

26. Sabun detergen dapat menimbulkan polusi ....
    a. udara
    b. air
    c. tanah
    d. udara dan air

27. BNN adalah badan yang menangani masalah ....
    a. obat bius
    b. obat terlarang
    c. narkotika
    d. heroin

28. Bahan kimia berikut sering digunakan sebagai pemanis, **kecuali** ....
    a. sakarin
    b. dulsin
    c. siklamat
    d. natrium benzoat

29. Di bawah ini termasuk bahan yang dapat memberi aroma buah dalam makanan **kecuali** ....
    a. amil asetat
    b. siklomat
    c. amil valerat
    d. etil asetat

30. Jika atom Na yang netral mempunyai 11 elektron, maka jumlah elektron pada ion $Na^+$ adalah ....
    a. 10
    b. 11
    c. 12
    d. 13

31. Pembuatan asam sulfat melalui peristiwa yang disebut ....
    a. destilasi bertingkat
    b. hidrogenisasi
    c. proses kamar timbal
    d. hidrolisis

32. Yang tergolong molekul unsur, **kecuali** ....
    a. ozon
    b. nitrogen
    c. hidrogen
    d. karbohidrat

33. Muatan yang dimiliki oleh ion $Mg^{2+}$ adalah ....
   a. $-3,2 \times 10^{-19}C$
   b. $-1,6 \times 10^{-19}C$
   c. $1,6 \times 10^{-19}C$
   d. $3,2 \times 10^{-19}C$

34. Air murni banyak digunakan di laboratorium sebagai ....
   a. pencuci
   b. pelarut
   c. pengencer larutan
   d. pengisi aluminium

35. Bahan alam yang dapat digunakan untuk membuat kaca adalah ....
   a. kuarsa ($SiO_2$)
   b. oksida besi ($Fe_2O_3$)
   c. aluminium oksid ($Al_2O_3$)
   d. Karbonat ($CaCO_3$)

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Jelaskan apa bedanya metamorfosis dan metagenesis!
2. Tuliskan ciri-ciri pubertas!
3. Jelaskan dengan gambar tentang:
   a. sistem pencernaan pada manusia
   b. sistem pernapasan pada manusia
4. Jelaskan apa artinya:
   a. Karpium
   b. Fotosintetis
   c. Gerak endonon
   d. Partikel
   e. Materi
   f. Molekul senyawa
   g. Molekul unsur
   h. Bahan kimia alami
5. Bagaimana cara menghindarkan diri dari pengaruh zat adiktif dan psikotropika?

Bab XIII

# Usaha, Gaya, dan Energi dalam Kehidupan Sehari-hari

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. mengidentifikasi jenis-jenis gaya, penjumlahan gaya dan pengaruhnya pada suatu benda yang dikenai gaya,
2. menerapkan hukum Newton untuk menjelaskan berbagai peristiwa dalam kehidupan sehari-hari,
3. menjelaskan hubungan bentuk energi dan perubahannya, prinsip "usaha dan energi" serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari,
4. melakukan percobaan tentang pesawat sederhana dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari,
5. menyelidiki tekanan pada benda padat, cair, dan gas serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

**Sumber:** www.vipstable.com

Kereta pada gambar di atas dapat bergerak karena mendapat gaya berupa tarikan. Usaha yang dilakukan oleh gaya pada benda memindahkan energi dari pelaku gaya kepada benda. Pada bab ini akan dipelajari tentang hubungan antara gaya, usaha dan energi. Coba kamu sebutkan contoh lain dalam kehidupan sehari-hari tentang gaya, usaha dan energi yang kamu ketahui.

## Peta Konsep

Usaha

Pesawat Sederhana

Gaya

Energi

Pengungkit

Katrol

Bidang miring

Tekanan = $\frac{F}{A}$

Energi kinetik

Energi potensial

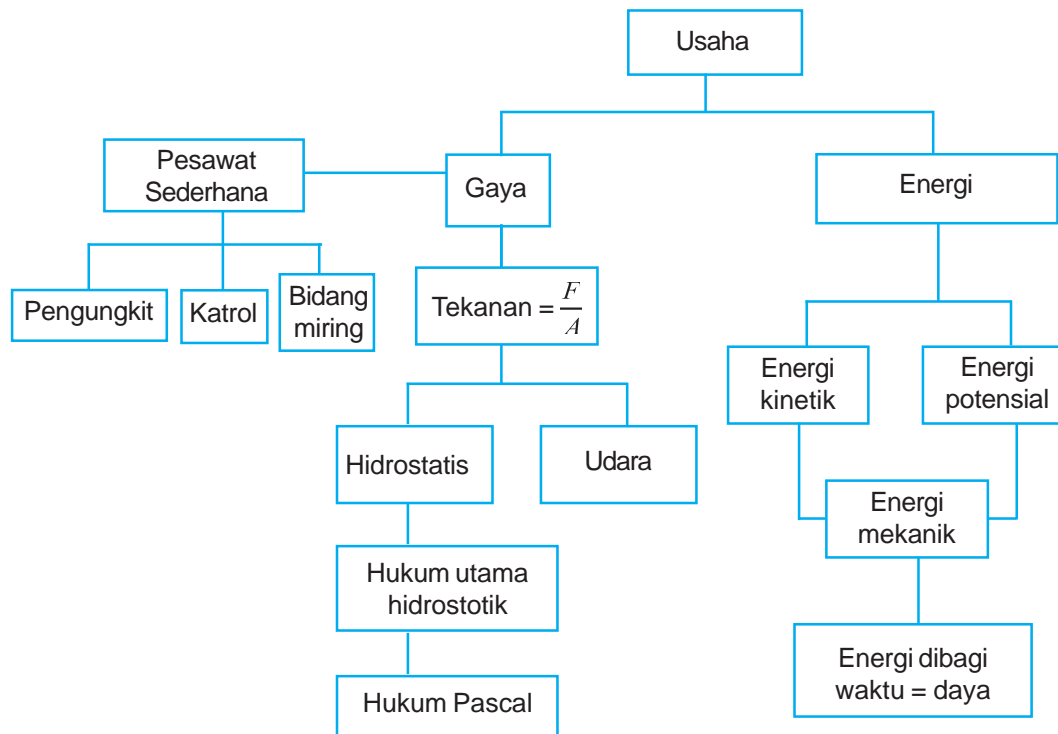
Hidrostatis

Udara

Energi mekanik

Hukum utama hidrostotik

Hukum Pascal

Energi dibagi waktu = daya

## Kata Kunci

- gaya
- hukum Newton
- energi
- benda padat, cair, dan gas

# A. Jenis-Jenis Gaya, Penjumlahan Gaya dan Pengaruhnya pada Suatu Benda yang Dikenai Gaya

Seorang sopir mobil menginjak pedal rem ketika melihat kendaraan macet di depannya sehingga mobil berhenti. Gaya rem mobil mengubah gerak mobil dari kecepatan tinggi, makin lama makin lambat dan akhirnya berhenti.

Balok yang diam menjadi bergerak ketika ditarik, gaya tarik menyebabkan balok dari keadaan diam menjadi bergerak. Jadi:

> Gaya dapat menyebabkan terjadinya perubahan gerak, dari kecepatan tinggi menjadi rendah atau berhenti, atau dari diam menjadi bergerak

Balok besi yang diletakkan di atas busa menyebabkan busa berubah bentuk, dawai gitar melengkung ketika ditarik. Gaya berat balok merubah bentuk busa, gaya tarik pada dawai merubah bentuk dawai dari lurus menjadi lengkung. Jadi, dapat kita disimpulkan bahwa:

> Gaya dapat merubah bentuk benda yang menderita/mengalami gaya

## 1. Gaya terdiri dari gaya sentuh dan gaya tak sentuh

### a. *Gaya sentuh atau gaya kontak*

Gaya ini muncul jika antara dua benda terjadi persinggungan atau kontak.

Contoh:

1) Benang penggantung beban menjadi tegang, berarti pada tali terdapat gaya tegangan tali. Gaya ini timbul karena ada kontak antara benda yang digantungkan, dengan tali. Bukti adanya tegangan tali yaitu tali menjadi putus ketika berat beban yang digantungkan pada tali melampaui kekuatan tali.

$T$

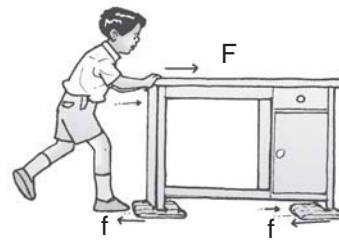
$G$

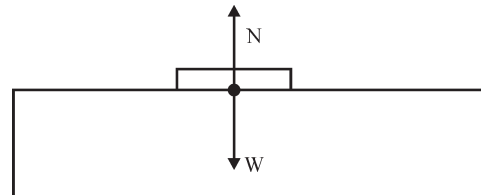
$W$

**Gambar 13.1** Gaya tegangan tali

2) Meja tulis yang kita dorong dengan gaya kecil/kekuatan kecil, tetap dalam keadaan diam. Berarti meja mendapatkan gaya yang

melawan gaya dorong, gaya itu terjadi pada persinggungan antara lantai dan meja. Gaya ini disebut gaya gesekan statik.

Bukti lain adanya gaya gesekan pada meja sebagai berikut: jika meja pada lantai yang kasar sulit didorong tetapi pada lantai yang licin dengan mudah dapat didorong untuk memindahkannya.

**Gambar 13.2** Gaya gesekan statis

3) Buku pada gambar 13.3 terletak di meja dalam keadaan diam resultan gayanya sama dengan nol, padahal buku tersebut mempunyai berat (gaya berat). Tentu selain beratnya buku itu mengalami gaya lain selain beratnya dengan arah berlawanan tetapi sama besarnya dengan berat benda. Gaya lain itu disebut gaya normal (N).

**Gambar 13.3** Gaya normal buku

Bila buku kita angkat dari meja, maka gaya normal itu tidak ada sehingga gaya normal hanya ada, jika terjadi kontak/sentuhan.

Jadi, gaya sentuh atau gaya kontak akan hilang jika tidak ada lagi kontak/persinggungan antara kedua benda.

### Kecakapan Kontekstual

Diskusikan dengan teman Anda apakah gaya-gaya berikut ini termasuk gaya kontak:

- gaya magnet
- gaya berat benda
- gaya elastisitas karet
- gaya pada katrol oleh beban
- gaya dari tanah pada buah apel ketika jatuh di tanah
- gaya listrik
- gaya pegas/per

## *b. Gaya yang bukan gaya sentuh atau bukan gaya kontak*

Benda yang dilepaskan dari ketinggian tertentu jatuh ke tanah karena beratnya, magnet jarum berputar ketika magnet batang mendekatinya, gaya berat dan gaya antara kutub-kutub magnet ada, bukan karena kontak.

Benda bermuatan listrik menarik benda-benda kecil walaupun benda kecil tidak bermuatan listrik, ini juga bukan gaya kontak.

Jadi gaya berat, gaya listrik dan gaya magnet bukan gaya kontak. Adakah gaya lain yang termasuk gaya bukan gaya kontak? Jika ada sebutkan!

### c. Gaya merupakan tarikan atau dorongan yang mempunyai arah

Perhatikan kegiatan berikut ini dan jika ada alatnya, Anda perlu mencoba sebagaimana gambar 13.4!

1) pegas tanpa beban (Gambar 13.4.1).
2) pegas dengan beban, pegas memendek (Gambar 13.4.2).
3) tangan menekan pegas/mendorong pegas sehingga pegas makin pendek (Gambar 13.4.3).

m

1) 2) 3)

Gambar 13.4 Gaya merupakan dorongan yang mempunyai arah.

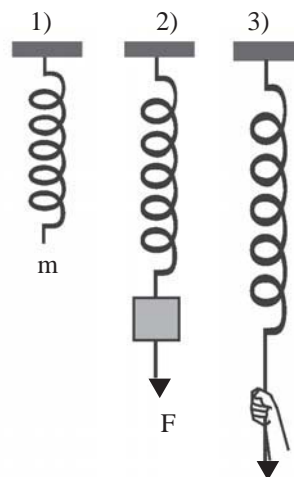
Dari gambar 13.4.2) dan 13.4.3) kita ketahui bahwa gaya dorong menyebabkan pegas makin pendek, sama halnya berat beban memendekkan pegas. Jadi **dorongan** adalah **gaya**.

Coba kamu perhatikan gambar 13.5.

1) pegas tanpa beban
2) pegas digantungi beban
3) pegas ditarik hingga memanjang

1) 2) 3)

m

F

Gambar 13.5 Gaya merupakan tarikan yang mempunyai arah

Dari gambar 2) dan 3) kita ketahui bahwa berat beban menarik pegas hingga memanjang sama halnya pegas memanjang jika ditarik. Jadi **tarikan** merupakan **gaya**.

Gaya dorongan memendekkan pegas, dan tarikan memanjangkan pegas. Dengan demikian arah gaya yang bekerja pada pegas/benda menyebabkan perbedaan kondisi yang dialami benda, sehingga arah gaya perlu diperhatikan.

**Kesimpulan:**

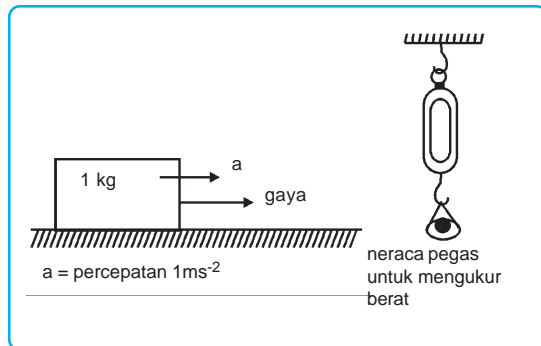
Dorongan atau tarikan merupakan gaya yang mempunyai arah. Oleh karena itu gaya termasuk besaran yang mempunyai arah. Besaran yang mempunyai arah disebut besaran vektor.

## d. Satuan dan alat ukur gaya

Dalam sistem Satuan Internasional satuan gaya adalah newton (N). Di mana gaya satu newton adalah seberat benda yang massanya ± 0,102 kg atau 1 N (1 Newton) adalah gaya yang memberikan percepatan 1 $ms^{-2}$ pada benda yang massanya 1 kg.

Satuan gaya selain newton adalah dyne, di mana gaya 1 dyne mampu menghasilkan percepatan 1 $cms^{-2}$ pada benda bermassa 1 gram. Dari hal tersebut maka 1 N = $10^5$ dyne.



**Gambar 13.6** Pengukuran gaya

Di laboratorium fisika, gaya-gaya diukur dengan neraca pegas, seperti yang ditunjukkan Gambar 13.6. Bila gaya menarik kait, pegas neraca itu bertambah panjang sampai terjadi keseimbangan, penambahan panjang pegas merupakan ukuran gaya tersebut. Neraca ini mempunyai skala dengan satuan newton. Posisi penunjuk, menunjukkan besar gaya yang menarik kait.

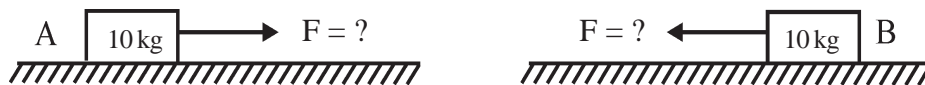
### Mari Bereksperimen

Lakukan kegiatan untuk mengukur gaya secara berkelompok!

| Kegiatan | Besarnya gaya dalam N |
|---|---|
| 1. Berat benda 100 gram diukur dengan neraca pegas | 1. W = .................... |
| 2. Tarik balok kayu kecil yang terletak di meja, agar balok tepat akan bergerak, gunakan neraca pegas untuk mengukur gaya tarik. | 2. $F_{tarik}$ = .................... |
| 3. Besar tegangan tali diukur dengan neraca pegas, bila neraca pegas diberi beban. | 3. Tegangan tali T = .......... |

## f. Cara menggambar gaya

Pada pembahasan yang lalu jika pegas ditarik, pegas bertambah panjang, sebaliknya jika pegas ditekan, pegas semakin pendek. Arah gaya dorong dan gaya tarik berlawanan.

Perhatikan gambar di bawah!



**Gambar 13.7** Gaya menyebabkan benda bergerak

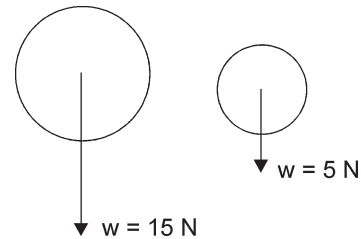
Balok semula diam ditarik dengan gaya 16 N pada lantai licin, benda A bergerak ke kanan, tetapi B bergerak ke kiri. Walaupun kedua gaya sama besar tetapi jika arahnya berlawanan, menghasilkan gerak yang arahnya berlawanan pula.

Jadi, pembahasan kita tentang gaya tidak cukup hanya besarnya saja, tetapi perlu memperhatikan pula arahnya. Besaran demikian termasuk besaran vector. Vektor di dalam fisika digambarkan dengan panah, arah panah menunjukkan arah vektor, panjang panah menunjukkan besarnya vektor tersebut.

***Contoh:***

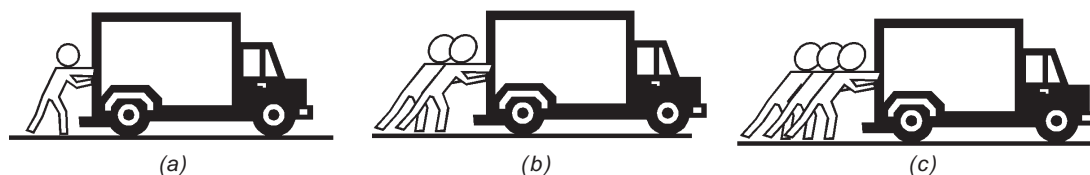
- Arah gaya berat benda selalu vertikal ke bawah, berat benda 15 N digambar 3 kali panjang vektor berat benda 5 N arahnya sama, yaitu ke bawah dan diberi notasi w.
- Jika, gaya 20 N dapat digambar dengan panah dengan panjang 5 cm, maka demikian gaya 10 N digambar dengan panah sepanjang 2,5 cm.

w = 5 N

w = 15 N

## 2. Dua atau lebih gaya dapat bekerja pada suatu benda dalam satu garis kerja dan dapat diganti oleh satu gaya

### a. *Resultan gaya*

Seorang montir mobil mendorong sebuah mobil. Mobil tidak bergerak. Ditambah seorang lagi belum bergerak, setelah tiga orang mendorong mobil itu baru bergerak.

(a) (b) (c)

**Gambar 13.8** Resultan dari beberapa gaya yang bekerja pada benda

Kenyataannya kekuatan mendorong tiga orang pada arah yang sama lebih besar jika dibanding dua orang dan lebih kuat dibanding kekuatan seorang. Jadi gaya dorong tiga orang tersebut dapat diganti dengan sebuah gaya yang disebut resultan gaya.

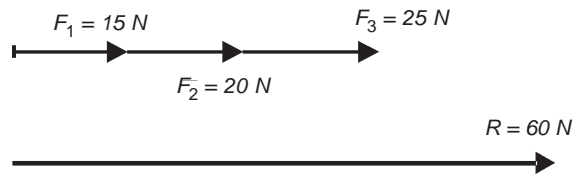
Bila arah dorongan ketiga orang itu sama, gaya dorong makin besar, tetapi jika arah gaya dorong salah satu melawan dua lainnya, maka gaya dorong mengecil.

## b. Menjumlahkan gaya segaris

Jika pada sebuah benda bekerja tiga gaya masing-masing $F_1$ = 15 N, $F_2$ = 25 N dan $F_3$ = 30 N seperti gambar di samping, maka resultan ketiga gaya tersebut adalah $R$ di mana $R = F_1 + F_2 + F_3$

Sebaliknya jika tiga gaya segaris $F_2$ = 60 N, melawan $F_3$ = 30 N dan $F_2$, = 10 N searah dengan $F_3$ maka resultan ketiga gaya tersebut

$$R = F_1 - F_2 - F_3$$
$$= 60 \text{ N} - 30 \text{ N} + 10 \text{ N}$$
$$= 40 \text{ N, searah dengan } F_1$$

$F_1$ = 15 N
$F_2$ = 20 N
$F_3$ = 25 N
R = 60 N

**Gambar 13.9a** Resultan gaya-gaya searah

$F_1$= 60 N
$F_3$= 30 N
$F_3$= 10 N
6 cm

**Gambar 13.9b** Resultan gaya berlawanan arah

Dua gaya atau lebih yang segaris dapat dijumlahkan sehingga mendapatkan sebuah gaya resultan. Gaya-gaya searah diberi tanda positif, gaya yang melawan gaya positif diberi tanda negatif.

**Arah Resultan:**

Resultan searah dengan gaya positif, jika tanda resultan itu positif. Arah resultan melawan gaya positif, jika tanda resultannya negatif.

## c. Benda seimbang

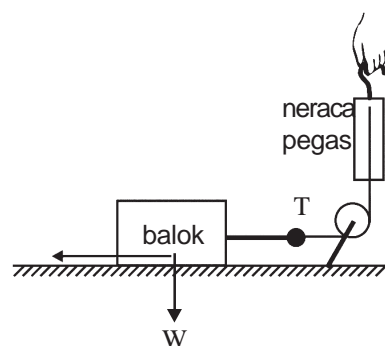
Sebuah buku yang terletak di meja mengalami dua buah gaya, yaitu gaya berat yang arahnya ke bawah dan gaya normal yang arahnya ke atas. Kedua gaya itu tidak menimbulkan gerak karena resultannya sama dengan nol. Bila resultan gaya sama dengan nol, maka benda dikatakan dalam keseimbangan gaya.

Benda seimbang jika resultan gaya pada benda tersebut sama dengan nol. Benda yang mempunyai resultan gaya nol kemungkinannya diam atau bergerak dengan kecepatan tetap.

# 3. Gaya gesekan

Gaya gesekan antara dua benda yang bersinggungan termasuk gaya sentuh. Untuk mengukur besarnya gaya gesekan statis dapat dilakukan kegiatan sebagai berikut.

Tariklah neraca pegas perlahan-lahan, amatilah besarnya gaya tarik yang Anda lakukan pada neraca pegas, sehingga balok akan bergerak. Gaya yang ditunjukkan neraca pegas saat balok akan bergerak disebut gaya gesekan statis maksimum. Ketika balok diam (seimbang), resultan gaya pada balok = nol.

Jadi: $T - f = 0 \rightarrow f = T$



**Gambar 13.10** Menentukan gaya gesek

Arah *f* (gaya gesekan statik) melawan gaya penyebab/penariknya.

Lakukan kegiatan serupa dengan menggunakan balok yang sama, tetapi balok ditarik di atas papan; catatlah hasilnya pada tabel seperti berikut. salinlah pada buku tugasmu.

**Tabel 13.1 Gaya gesekan statis**

| Papan | Gaya gesekan statik (Newton) |
|---|---|
| A. halus | ............................................................. |
| B. agak kasar | ............................................................. |
| C. kasar | ............................................................. |
| D. kasar sekali | ............................................................. |

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin kasar permukaan dua benda yang bersinggungan, semakin besar gaya gesekan statiknya.

Gaya gesekan pada benda tergantung pada kasar atau halusnya permukaan benda yang bersinggungan.

Manusia berusaha agar gaya gesekan yang bekerja pada kendaraan atau mesin-mesin kecil, maka manusia menciptakan roda. Agar gaya gesekan pada mesin kecil, mesin diberi pelumas.

Gaya gesekan yang dialami benda yang bergerak disebut gaya gesekan kinetik. Besarnya gaya gesekan kinetik lebih kecil dibanding gaya gesekan statik.

Bantalan peluru (gotri) sepeda bila sudah aus (rusak) gesekannya besar sekali sehingga roda tidak dapat berputar.

Gesekan antara udara dengan pesawat ruang angkasa menimbulkan kalor yang cukup besar, sehingga pesawat ruang angkasa yang berawak memerlukan isolator kalor untuk menjaga keselamatan dan kenyamanan astronot.

Dalam kehidupan sehari-hari, gaya gesekan ada yang menguntungkan dan ada pula yang merugikan.

*a. Gaya gesekan yang menguntungkan:*

1) Alas sepatu basket dibuat tidak rata agar tidak selip.
2) Ban kendaraan dibuat bergelombang agar dapat berjalan pada jalan yang halus.
3) Jalan beraspal dibuat tidak terlalu halus agar tidak berbahaya (kendaraan tidak selip).
4) Benda-benda di dalam kendaraan tidak selip terhadap kendaraannya, sehingga memungkinkan untuk diangkut.
5) Andaikan benda-benda di muka bumi tidak mengalami gesekan dari bumi, maka tidak mungkin satu pun benda di permukaan bumi ini berdiri tegak karena bumi berotasi.

*b. Gaya gesekan yang merugikan:*

1) Gesekan ban dengan jalan menimbulkan panas pada ban, sehingga pada kecepatan yang tinggi ban dapat meletus.
2) Gesekan pada mesin-mesin menyebabkan ausnya mesin, semakin besar gesekan semakin cepat mesin aus.

## 4. Berat benda (*w*)

### a. Berat

Di bumi ini semua benda mempunyai berat. Berat didefinisikan sebagai gaya tarik yang dialami oleh benda karena tarikan bumi, berat benda ketika di bumi adalah gaya tarik bumi pada benda tersebut.

Untuk memahami berat benda lakukan kegiatan berikut ini!

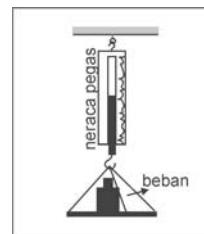
**Mari Bereksperimen**

Gunakan neraca pegas untuk mengukur berat benda yang telah diketahui massanya, misalnya anak timbangan atau beban bercelah yang terdapat di laboratorium sekolah.

neraca pegas
beban

**Gambar** Berat benda

**Tabel 13.3 Data pengamatan**

Salinlah di buku tugasmu!

| Massa beban (=*m*) | Berat (dibaca pada neraca pegas ) = *w* | $\frac{w}{m}$ |
|---|---|---|
| 10 gram | ............................................................ | ........................ |
| 20 gram | ............................................................ | ........................ |
| 30 gram | ............................................................ | ........................ |
| 50 gram | ............................................................ | ........................ |

Dari kegiatan akan tampak bahwa:

1) Massa semakin besar, beratnya juga semakin besar (berat berbanding lurus/sebanding dengan massanya)
2) Hasil bagi berat benda ($w$) oleh massanya ($m$) mempunyai kecenderungan merupakan bilangan konstan/tetap, bilangan konstan inilah yang disebut percepatan gravitasi bumi ($g$) di tempat percobaan itu dilakukan.

Hubungan berat, massa dan percepatan gravitasi sebagai berikut.

$$g = \frac{w}{m} \rightarrow w = mg$$

$w$ = berat (N)

$m$ = massa (kg)

$g$ = percepatan gravitasi (m/s$^2$)

Satuan berat dalam SI adalah N (Newton) jika massa dalam kg dan percepatan gravitasi bumi $g$ dalam m/s$^2$.

Jika satuan massa dalam gram, satuan percepatan gravitasi dalam cm/s$^2$, maka satuan berat dalam dyne.

## b. Percepatan gravitasi bumi (g)

Perhatikan hasil pengukuran yang telah dilakukan para ahli terhadap berat benda di berbagai ketinggian!

Data itu menunjukkan kepada kita bahwa:

1) Makin jauh letak benda dari permukaan bumi beratnya berkurang/makin kecil.
2) Karena massa benda tetap, beratnya berkurang, maka makin ke atas percepatan gravitasi bumi makin kecil.

Selain ketinggian tempat, percepatan gravitasi ditentukan pula oleh lintang tempatnya di permukaan bumi, makin besar lintang tempatnya (makin mendekati kutub) percepatan gravitasinya makin besar.

**Gambar 13.11** Percepatan gravitasi di bumi

Percepatan gravitasi rata-rata di permukaan bumi dari perhitungan maupun percobaan 9,8 m/s$^2$.

## c. Massa

Massa didefinisikan sebagai banyaknya zat yang dikandung oleh benda itu.

Dengan definisi itu sudah barang tentu massa zat itu tidak akan mengalami perubahan di mana pun benda itu berada. Jadi bila benda itu di bumi mempunyai massa 2 kg, di planet lain, di ruang tanpa bobot, di dalam air massanya tetap 2 kg.

**Tabel 13.2 Perbedaan massa dan berat**

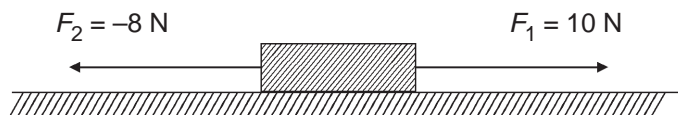
| Massa | Berat |
|---|---|
| 1. Nilainya tetap tidak dipengaruhi tempat.<br>2. Tidak mempunyai arah (besaran skalar).<br>3. Diukur dengan menggunakan massa pembanding standart (neraca logam). | 1. Nilainya tergantung tempatnya.<br>2. Mempunyai arah tetap, menuju pusat bumi (besaran vektor).<br>3. Diukur dengan neraca pegas. |

**Contoh soal:**

1. Sebuah benda dipengaruhi dua gaya segaris dan berlawanan arah, $F_1$ = 10 N ke kanan dan $F_2$ = 8 N ke kiri. Benda terletak pada lantai horizontal yang licin.
   a. Tentukan besar dan arah resultan kedua gaya tersebut!
   b. Tentukan besar dan arah gaya ketiga, agar benda seimbang!

   *Penyelesaian:*

   a. $F_1$ = 10 N
   $F_2$ = –8 N
   $R = F_1 + F_2$
   = 10 + (–8)
   = 2 N → tanda + sesuai dengan arah $F_1$, maka arah resultan kedua gaya itu ke kanan, sesuai arah $F_1$

   $F_2$ = –8 N    $F_1$ = 10 N

   Jadi resultan kedua gaya itu = 2 N, arah ke kiri.

   b. Agar benda seimbang maka resultan gaya yang dialami benda harus = nol.
   $R = 0$
   $R = F_1 + F_2 + F_3$ → $F_3$, dimisalkan positif, jika didapat hasil positif arah $F_3$ searah $F_2$ sebaliknya jika didapat hasil negatif arah $F_3$ searah $F_1$
   $0 = 10 - 8 + F_3$
   $-F_3$ = 2 N
   $F_3$ = – 2 N
   Karena $F_3$ negatif, maka arah $F_3$ searah $F_1$
   Agar benda seimbang pada benda dikerjakan gaya ketiga ($F_3$) = 2 N, searah $F_1$ (ke kiri).

2. Sebuah benda terletak pada lantai licin dipengaruhi oleh dua gaya segaris seperti gambar di bawah ini. Bila massa benda 2 kg, hitunglah percepatan yang dialami benda dan tentukan pula arahnya!

*Penyelesaian:*

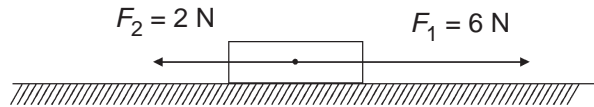
Percepatan yang dialami benda = $a$

$F_2$ = 2 N    $F_1$ = 6 N

$$a = \frac{F_1 - F_2}{m}$$

$$= \frac{6 - 2}{2}$$

$$= \frac{4}{2}$$

$= 2\ ms^{-2} \rightarrow a$ positif, percepatan $a$ searah $F_1$ yang positif

Jadi, benda bergerak ke kanan dengan percepatan 2 $ms^{-2}$

3. Sebuah benda di bumi beratnya 120 N, dibawa ke bulan. Berapa berat benda tersebut di bulan, jika percepatan gravitasi bulan = seperenam percepatan gravitasi di bumi?

*Penyelesaian:*

Percepatan gravitasi di bumi = $g_{bm}$

Percepatan gravitasi di bulan = $g_{bl}$

$$g_{bl} = \frac{1}{6} g_{bm} \rightarrow g_{bl}/g_{bm} = \frac{1}{6}$$

Massa benda di bumi dan di bulan sama = $m$

$$\frac{w_{bl}}{w_{bm}} = \frac{m.g_{bl}}{m.g_{bm}}$$

$$\frac{w_{bl}}{w_{bm}} = \frac{g_{bl}}{g_{bm}}$$

$$\frac{w_{bl}}{120} = \frac{1}{6}$$

$$w_{bl} = \frac{120}{6} = 20 \text{ N}$$

Jadi, berat benda tersebut di bulan tinggal seperenam berat benda di bumi.

4. Sebuah benda terletak di lantai, massanya 1 kg dan $g$ = 10 $ms^{-2}$ ditarik dengan gaya vertikal ke atas 30 N, berapakah percepatan yang dialami benda itu?

*Penyelesaian:*

$$w = m \times g$$
$$= 1 \times 10$$
$$= 10 \text{ N (arah ke bawah)}$$

$$a = \frac{F - w}{m}$$
$$= \frac{30 - 10}{2}$$
$$= \frac{10}{2}$$
$$a = 10 \text{ ms}^{-2}, \text{ searah dengan } F \text{ (ke atas)}$$

5. Sebuah benda volumenya 4 $dm^3$ massa jenisnya 2,5 kg/$dm^3$. Jika $g = 10$ $ms^{-2}$, berapakah beratnya?

   *Penyelesaian:*

   Karena berat benda dihitung menggunakan rumus : $w = mg$

   $$m = \rho \times v$$
   $$= 2{,}5 \times 4 \text{ kg/dm}^3 \times \text{dm}^3$$
   $$= 10 \text{ kg}$$
   $$w = m \times g$$
   $$= 10 \times 10$$
   $$= 100 \text{ N}$$

   Berat benda itu 100 N

## Kecakapan Personal

1. Gaya $F_1$ = 10 N, $F_2$ = 5 N semuanya searah sumbu $x$ positif bekerja pada benda bermassa m = 5 kg di lantai licin, tentukan besar dan arah percepatan pada benda itu?
2. Seperti soal no 1, tetapi arah $F_2$ dibalik, tentukan pula besar dan arah percepatan pada benda itu?
3. Jika benda di lantai diam massanya m = 2 kg dan g = 10 $m/s^2$ ditarik dengan gaya F = 10 N ke atas, apakah benda bergerak?

## B. Hukum Newton untuk Menjelaskan Berbagai Peristiwa dalam Kehidupan

### Hukum Newton

Sebuah balok diam didorong di lantai mendatar kasar hingga balok bergerak kemudian dilepas, beberapa saat setelah dilepas balok berhenti. Dorongan pada balok, sama dengan memberikan gaya pada balok sehingga balok dari diam menjadi bergerak. Sebaliknya setelah bergerak, balok berhenti karena mendapat gaya penghambat yang berupa gaya gesekan.

Bagaimana bila 2 gaya berlawanan sama besar bekerja pada sebuah balok di lantai mendatar yang licin?

Karena resultan kedua gaya R = 0, maka benda memiliki dua kemungkinan yaitu:

1. diam atau,
2. bergerak dengan kecepatan tetap

Mengapa demikian?

Gabungan kedua gaya tersebut tentu = nol, dan karena gaya yang searah dengan kecepatan menyebabkan benda bergerak makin cepat dan satu gaya lain menyebabkan benda bergerak makin lambat, sehingga benda itu kemungkinan diam atau bergerak dengan kecepatan tetap. Kecepatan benda nol atau diam jika semula benda diam dan kemungkinan lainnya benda bergerak dengan kecepatan tetap, karena semula benda tersebut bergerak.

Contoh dalam kehidupan sehari-hari:

Mobil yang mendadak di rem penumpangnya akan menghantam jok di depannya dan jika mobil berangkat mendadak penumpang akan menghantam jok di belakangnya.

> Benda yang diam cenderung diam, benda yang bergerak cenderung bergerak dengan kecepatan tetap apabila resultan gaya pada benda tersebut sama dengan nol seimbang.

Ungkapan ini pertama kali dikemukakan oleh Sir Isaac Newton dalam hukumnya yang pertama sehingga disebut hukum I Newton (hukum kelembaman Newton).

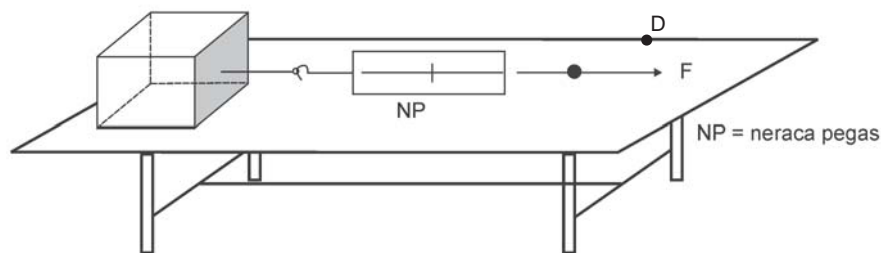
Dari hukum I tersebut dapat dibalik redaksinya sebagai berikut.

> Jika resultan gaya yang bekerja pada benda nol, maka benda tersebut dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan tetap. Konsep diam menjadi sangat penting apabila kita berbicara tentang keseimbangan.

Di awal pembahasan hukum tentang Newton telah disinggung bahwa gaya yang searah dengan gerak menyebabkan gerak benda makin cepat (gerak benda dipercepat) sedangkan gaya yang melawan arah gerak menyebabkan benda bergerak makin lambat (gerak benda yang diperlambat). Perlambatan atau percepatan diberi notasi $a$ berasal dari akselerasi, dan merupakan besaran yang mempunyai arah. Bila arah $a$ searah kecepatan gerak, maka gerak benda *dipercepatan*. Bila arah $a$ melawan kecepatan, gerak benda *diperlambatan*.

Perhatikan kegiatan berikut ini jika mungkin lakukan percobaan di laboratorium sekolah.

## Mari Bereksperimen

D
F
NP
NP = neraca pegas

***Gambar*** *Balok ditarik dengan gaya F di meja yang ditaburi tepung terigu*

Gaya tarik $F$ yang bekerja pada balok dapat dibaca pada neraca pegas.

1. Bila gaya $F$ diubah seperti tabel 13.4, massa balok tetap 200 gram ternyata percepatan yang timbul seperti pada tabel.

**Tabel data pengamatan**

| $F$ | 0,2N | 0,4 N | 0,8 N | 1,0 N | 1,2 N |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ | 1 $ms^{-2}$ | 2 $ms^{-2}$ | 4 $ms^{-2}$ | 5 $ms^{-2}$ | 6 $ms^{-2}$ |

**Kesimpulan:**

Percepatan yang timbul pada benda semakin besar, bila gaya semakin besar atau dapat ditulis dengan percepatan sebanding dengan gaya ($a \sim F$)

2. Percobaan dilakukan dengan gaya $F$ tetap = 1,6 N tetapi massa balok dinaikkan. Data percobaan sebagai contoh berikut.

**Tabel data pengamatan**

| ***m*** | **0,4 kg** | **0,6 kg** | **0,8 kg** | **1,0 kg** | **2 kg** | **4 kg** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 4 $ms^{-2}$ | 2 $ms^{-2}$ | 2 $ms^{-2}$ | 1,6 $ms^{-2}$ | 0,8 $ms^{-2}$ | 0,4 $ms^{-2}$ |

**Kesimpulan:**

Percepatan *makin kecil*, jika massa *semakin besar.* Atau pada fisika pernyataan itu sama halnya dengan percepatan berbanding terbalik dengan massa ($a \sim \frac{1}{m}$).

Dari kegiatan 1 dan 2 tersebut besarnya percepatan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut: $a = \frac{F}{m}$

Bagaimana arah $a$ dengan arah $F$?

Bila arah $F$ searah dengan $v$ (kecepatan) gerak benda semakin cepat, berarti arah $a$ searah $v$, searah juga dengan $F$. Sebaliknya bila arah $F$ melawan arah $v$, gerak benda makin lambat/diperlambat). Arah a melawan $v$, arah $F$ melawan $v$, sehingga arah $a$ searah $F$. Kesimpulan arah percepatan $a$ selalu searah dengan *resultan gaya F*.

Dari kegiatan di atas diperoleh satu kesimpulan sebagai berikut.

Percepatan yang timbul pada sebuah benda sebanding dan searah dengan resultan gaya serta berbanding terbalik dengan massa.

Pernyataan ini disebut Hukum II Newton.

## Kecakapan Personal

1. Berikan contoh gerak benda-benda yang mengikuti prinsip Hukum II Newton.
2. Jelaskan apakah pada hukum II Newton gaya sebanding dengan massa.

## C. Bentuk Energi dan Perubahannya, Prinsip Usaha dan Energi serta Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-Hari

### 1. Pengertian Energi

Sumber: www.widebodyaircraft.ne

**Gambar 13.12** Berbagai bentuk energi

Gambar 13.12 di atas merupakan bermacam-macam energi yang kita dapatkan pada kehidupan sehari-hari, seperti:

a. Orang dapat mengangkat barbel karena mempunyai tenaga yang didapat dari makanan yang telah ia makan. Orang yang mengangkat barbel melakukan kerja (usaha).

b. Pesawat dapat terbang, karena mendapatkan energi dari pembakaran bahan bakar. Energi yang diperoleh dari bahan bakar yang terbakar itu untuk melakukan usaha.

c. Buah kelapa yang terlepas dari tangkainya jatuh bebas, gaya beratnya melakukan usaha karena buah tersebut memiliki energi yang disebut energi potensial.

d. Bunyi merupakan penjalaran energi getaran ke segala arah.

Dari hal-hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa dengan energi, usaha dapat dilakukan atau dengan kata lain energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha.

Bermacam-macam bentuk energi, antara lain:

#### *a. Energi kimia*

Sumber energi yang tersedia di alam adalah karunia Tuhan Allah Pencipta Alam. Makanan, bahan bakar minyak, gas minyak tanah, gas alam dan bahan-bahan kimia memiliki energi kimia.

Energi kimia pada makanan timbul karena reaksi kimia yang berlangsung dalam tubuh manusia atau hewan. Energi kimia pada bahan bakar minyak atau gas timbul jika terjadi pembakaran. Pembakaran tersebut dapat terjadi pada mesin atau kompor.

## b. Energi potensial

Makin tinggi kita mengangkat benda, semakin besar pula energi yang kita butuhkan, sesuai hukum kekebalan energi, energi benda tersebut semakin besar. Energi semacam ini disebut energi potensial gravitasi. Jadi, energi yang dimiliki oleh suatu benda karena posisi atau kondisinya disebut energi potensial.

Benda yang berada di atas permukaan bumi mempunyai energi potensial sehingga mampu melakukan usaha atau kerja. Bandul jam pada titik tertingginya mempunyai energi potensial maksimum dan energi potensialnya menurun jika jatuh.

## c. Energi kinetik

Setiap benda yang bergerak mempunyai energi. Makin cepat gerak benda, energinya makin besar. Sebaliknya makin rendah kecepatan geraknya, energinya makin kecil. Energi yang dimiliki benda karena kecepatannya disebut energi kinetik.

## d. Bentuk energi yang lainnya

Bentuk energi lainnya, meliputi: energi listrik, kalor, energi bunyi, energi cahaya, energi magnet, dan energi nuklir (inti).

Energi dalam kehidupan ini dapat diperoleh dengan cara melakukan perubahan dari satu bentuk energi ke bentuk lainnya menggunakan alat yang sesuai.

Perhatikan contoh berikut ini!

1) Seseorang memukul paku , pada paku timbul bunga api dan bunyi.
   Ketika paku kita raba, paku terasa panas.

**Gambar 13.13** Perubahan energi gerak martil menjadi kalor, cahaya, bunyi dan gerak paku.

Dalam kegiatan ini terjadi perubahan energi gerak martil menjadi:

- kalor (paku menjadi panas),
- cahaya (timbul bunga api),
- bunyi,
- gerak paku (paku tertanam di tempat pemasangan).

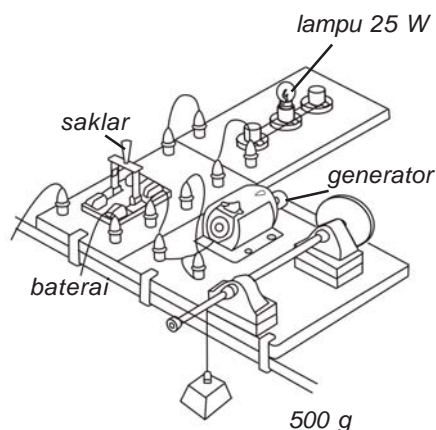
2) Perhatikan gambar 13.14 ini!

lampu 25 W

saklar

generator

baterai

500 g

**Gambar 13.14** Perubahan energi

Jika swicth digeser sedemikian hingga baterai 4,5 v memberikan arus maka lampu menyala dan motor listrik berputar. Motor digunakan untuk memutar roda seperti gambar sehingga beban 0,5 kg bergerak naik.

Dalam peristiwa ini terjadi perubahan energi pada:

- baterai : energi kimia menjadi energi listrik
- bolam : energi listrik menjadi kalor dan cahaya
- motor listrik : energi listrik menjadi energi mekanik
- beban : energi kinetik menjadi potensial

**Kecakapan Kontekstual**

Jika swicth digeser sedemikian sehingga baterai tidak berfungsi lagi, kemudian motor listrik diputar dengan melepaskan beban dari titik tertingginya lampu menyala dan beban kecepatannya bertambah. Coba Anda diskusikan perubahan energi apa saja yang terjadi pada peristiwa tersebut.

## 2. Hukum Kekekalan Energi

Di bawah ini ditunjukkan beberapa contoh alat yang memanfaatkan perubahan energi.

**Sumber**: www.bvallc.com

**Gambar 13.15** Beberapa contoh perubahan energi

Dari gambar 13.17 di atas dapat disimpulkan bahwa energi tidak dapat dimusnahkan tetapi dapat berubah bentuk dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain.

Sudah sejak abad ke-17 manusia berusaha membuat mesin yang diharapkan dapat bergerak terus tanpa tambahan bahan bakar. Namun usaha tersebut sia-sia karena setelah diuji coba mesin dengan gerak abadi tersebut sulit terlaksana, dengan demikian orang gagal menciptakan energi.

Demikian juga pada manusia, manusia tidak mampu menciptakan energi. Energi yang dimiliki manusia bukan ciptaan manusia tetapi hanyalah perubahan dari energi kimia pada makanan (hewan maupun tumbuhan) menjadi energi yang kita miliki. Buktinya jika manusia tidak makan, manusia tidak berdaya untuk melakukan kerja. Jelas bagi kita bahwa:

> Energi tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan yang ada hanyalah perubahan dari satu bentuk ke bentuk tenaga yang lain.

Kesimpulan tersebut di atas dikenal sebagai **hukum kekekalan energi**.

Karena energi tidak dapat diciptakan, maka sumber energi yang ada seperti bahan bakar minyak (BBM) dan gas bumi serta energi listrik perlu dihemat mengingat sumber energi tersebut tidak dapat diperbaharui. Selain itu manusia perlu mencari alternatif (pengganti) seperti energi: panas bumi, energi matahari, alkohol, energi gas rawa, energi nuklir dan lain sebagainya.

Untuk mengeksploitir energi alternatif tersebut dibutuhkan kemampuan khusus, kemampuan apakah itu? Coba diskusikan dengan temanmu.

## 3. Energi mekanik

Sebuah benda bergerak ke bawah dengan kecepatan tertentu ($v$) pada ketinggian $h$ di atas tanah. Benda tersebut mempunyai energi kinetik dan mempunyai energi potensial.

Jumlah kedua energi tersebut dinamakan energi mekanik (EM) (energi kinetik dan energi potensial).

$EM = EP + EK$

$EP$ = energi potensial (joule)

= mgh

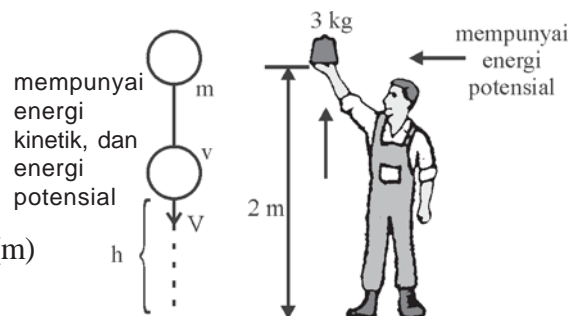
$m$ = massa (kg)

$g$ = percepatan gravitasi (m/s$^2$)

$h$ = tinggi benda dari permukaan bumi (m)

$EK$ = energi kinetik (joule)

$= \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow m =$ massa (kg)

$v =$ kecepatan (m/s)



**Gambar 13.16** Energi Mekanik

**Contoh soal:**

Sebuah benda bermassa 2 kg bergerak jatuh sehingga pada ketinggian 2 m di atas tanah kecepatannya 5 $ms^{-1}$, apabila $g$ = 10 $ms^{-2}$ berapakah:

a. Energi kinetik benda tersebut?
b. Energi potensial benda tersebut?
c. Energi mekanik benda tersebut?
d. Energi benda ketika menyentuh tanah?

*Penyelesaian:*

a. $EK = \frac{1}{2} mv^2$
$= \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2$
$=$ 25 joule

b. $EP = mgh$
$= 2 \times 10 \times 2$
$=$ 40 joule

c. $EM = EK + EP$
$= 25 + 40$
$=$ 65 joule

d. Energi benda ketika menyentuh tanah = energi mekanik benda tersebut (ingat hukum kekekalan energi). Jadi energi benda ketika menyentuh tanah = 65 joule.

## 4. Pengertian usaha

Anton mendorong almari, sehingga almari bergeser 2 m. Anton mendorong almari sama halnya Anton mengerjakan gaya pada almari, almari menggeser 2 m. Pergeseran 2 m disebut perpindahan = jarak pergeseran pusat massa almari.

Indri menaikkan buku yang beratnya 10 N dari lantai ke almari yang tingginya 1 m. Dalam kegiatan ini Indri memberikan gaya pada buku minimal = berat buku = 10 N, sehingga buku titik beratnya bergeser 1 meter naik.

Dalam kasus tersebut di atas Anton dan Indri dikatakan melakukan usaha. Di dalam pelajaran fisika usaha timbul jika ada gaya yang menyebabkan perpindahan titik berat benda.

Atau dirumuskan sebagai berikut.

$W$ = usaha (Nm = joule)
$F$ = gaya dengan satuan (N)
$s$ = perpindahan (m)
= sudut antara gaya dengan perpindahan ($^o$)

Jika gaya ($F$) searah ($s$) sudut antara $F$ dan $s = 0^o$, cos $0^o = 1$

$W = F \times s \rightarrow$ jika nilai $W$ positif (usaha positif)

Jika gaya ($F$) berlawanan arah dengan perpindahan ($s$), sudut antara $F$ dan $s = 180^o$; cos $180^o = -1$

$W = -F \times s \rightarrow$ nilai $W$ negatif (usaha negatif)

- Usaha dapat bernilai positif dapat pula bernilai negatif.
- Usaha bernilai negatif, jika komponen gaya yang sejajar perpindahan berlawanan arah dengan perpindahan
- Usaha bernilai positif, jika komponen gaya yang sejajar perpindahan, searah dengan perpindahan.

**Contoh soal:**

1. Sebuah balok kayu meluncur ke bawah menuruni bidang miring yang licin, adakah usaha dalam perpindahan tersebut?

   *Penyelesaian:*

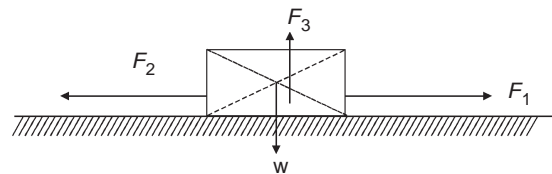
   - Benda mempunyai berat, berat benda (balok) itulah yang melakukan usaha. Jadi dalam perpindahan tersebut terdapat usaha.
   - Usaha yang ada pada balok tersebut dilakukan oleh uraian (komponen) gaya berat yang sejajar bidang miring.

2. Seorang anak menarik mobil mainan dengan seutas benang sehingga mobil mainan berpindah sejauh 10 m. Jika gaya penarik besarnya = 2 N dan benang bersudut $60^o$ terhadap perpindahan, berapa usaha yang dilakukan anak tersebut? (cos $60^o = 0,5$)

   *Penyelesaian:*

   $$W = F \times s \cos 60^o$$
   $$= 2 \times 10 \times 0,5 = 10 \text{ joule}$$

   60o

   F3
   F2
   F1
   w

   Jadi, anak tersebut melakukan usaha sebesar 10 joule.

3. Pada sebuah balok bekerja tiga buah gaya bersama-sama, besar $F_1$ = 10 N, $F_2$ = 5 N, dan $F_3$ = 4 N serta berat benda $w$ = 15 N. Benda berpindah 3 m dengan arah perpindahan searah $F_1$. Berapakah usaha yang dilakukan oleh $F_1$, $F_2$, $F_3$, dan $w$ dalam perpindahan tersebut?

   *Penyelesaian:*

   Usaha yang dilakukan $F_1$ adalah $W_1$

   $W_1 = F_1 \times s$
   $= 10 \times 3$
   $= 30$ Nm
   $= 30$ J

   Usaha yang dilakukan $F_2$ adalah $W_2$

   $W_2 = -F_2 \times s$
   $= -5 \times 3$
   $= -15$

   Usaha yang dilakukan $F_3$ dan $w = 0$ sebab $F_3$ dan $w$ tegak lurus perpindahan $s$.

## 5. Pengaruh usaha terhadap energi

x

x'

**Gambar 13.17** Pengaruh usaha terhadap energi

Jika mobil direm, gerak mobil makin lambat dan akhirnya berhenti. Pada kejadian ini gaya rem melakukan usaha negatif, gaya rem menyebabkan kecepatan mobil berkurang dan energi kinetik mobil berkurang akhirnya energi kinetiknya menjadi nol.

Sebaliknya jika mobil dipercepat geraknya dengan cara memperbesar gas mobil, energi kinetiknya bertambah dan gaya dorong mobil melakukan usaha positif (ingat gaya dan perpindahan searah).

> Jika usaha pada sebuah benda positif, maka energi kinetik benda makin besar. Jika usaha pada benda negatif maka energi kinetik yang dimiliki benda makin kecil (berkurang).

## Kecakapan Kontekstual

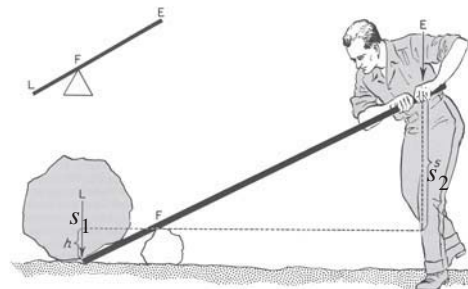
1. Perhatikan gambar di bawah ini!
2. Coba berikan penjelasan tentang perilaku apa yang dimaksud dalam gambar tersebut! Mengapa Anton dan Mona dikatakan melakukan usaha?
3. Serahkan pada guru hasil pekerjaan untuk dinilai!

# D. Pesawat Sederhana dan Penerapannya

Banyak peralatan yang kita dapatkan di rumah atau di sekolah yang berfungsi mempermudah kerja manusia.

Setiap alat yang digunakan untuk mempermudah melakukan usaha disebut pesawat. Ada pesawat yang rumit dan ada pesawat yang sederhana. Pesawat yang rumit terdiri dari beberapa pesawat sederhana. Dalam pasal ini akan diuraikan 3 jenis pesawat sederhana, yaitu tuas, katrol tetap dan bergerak dan bidang miring.

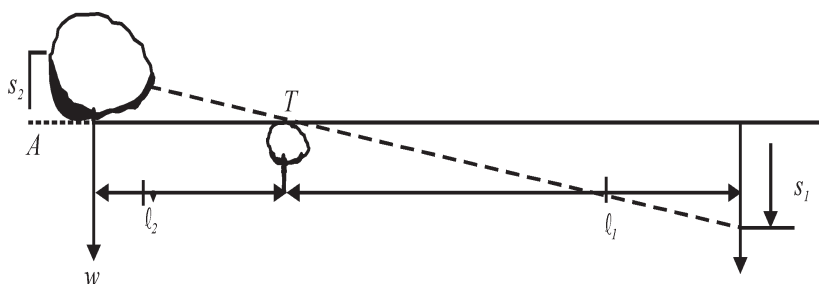
## 1. Tuas

Sebatang besi atau benda lain, yang digunakan untuk mengungkit, merupakan tuas yang paling sederhana. Untuk mengangkat langsung benda yang beratnya *w* dibutuhkan gaya minimal = *w*. Akan tetapi dengan mengungkit tidaklah demikian halnya. Dengan pengungkit untuk mengangkat benda seberat *w* dibutuhkan gaya yang lebih kecil dari *w*.

**Gambar 13.18** Pesawat sederhana jenis tuas

Penggunaan tuas dengan jalan menyusupkan salah satu ujung batang di bawah benda yang akan diangkat. Di bawah batang dekat benda yang akan diangkat diletakkan pengganjal (sebagai pusat rotasi). Ujung lain dari pengungkit itu ditekan ke bawah dengan gaya *F*. Terangkatlah benda itu sedikit.

Pada pengungkit beban yang akan diungkit beratnya dinyatakan dengan *w*. Titik *T*, tempat tumpuan tuas, gaya yang kita kerjakan pada ujung lain merupakan kuasa disebut *F* (lihat gambar 13.20).

$\ell_2 = \ell_B$ = lengan beban

$\ell_1 = \ell_k$ = lengan kuasa

Gambar 13.19 Asas Tuas

Berlaku persamaan:

$$w\ell_2 = F\ell_1 \text{ atau } F = \frac{\ell_2 w}{\ell_1}$$

Jika $\frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{1}{10}$, maka benda yang beratnya 500 newton dapat diangkat dengan gaya 50 newton

**Contoh:**

Alat-alat yang menggunakan asas tuas yaitu: pinset, gunting, tang, roda dorong dan lain-lain.

Apabila gaya *F* mengakibatkan ujung B bergerak ke bawah sebesar $S_1$ dan ujung A bergerak ke atas sejauh $S_2$ maka

$$W_1 = F.S_1 \text{ dan } W_2 = w.S_2 = \frac{F.\ell_2.S_2}{\ell_2}$$

$$= F\frac{\ell_2}{\ell_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times S_1$$

$$W_1 = F.S_1$$

Pesawat memudahkan usaha, tetapi tidak mengurangi usaha yang harus dilakukan. Perbandingan antara beban $w$ dengan kuasa $F$, disebut keuntungan mekanik (km).

Jadi, km = $\frac{w}{F}$ dari contoh di bagian depan di mana $\frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{10}{1}$ didapat

$$km = \frac{w}{F} = \frac{\ell_2}{\ell_1} = 10$$

## 2. Katrol

Katol merupakan pesawat sederhana yang banyak kita jumpai di sekitar, misalnya digunakan untuk katrol timba. Ada dua jenis katrol yaitu:

### a. *Katrol tetap*

Perhatikan gambar di samping. Untuk katrol tetap.

A = titik kuasa

B = titik tumpu

C = titik beban

Karena itu keuntungan mekanis katrol tersebut

$= \frac{mg}{F} = 1$ (OA = OB);

AC = lengan kuasa

AB = lengan beban

Keterangan:
*A = titik tumpu*
*AB = lengan beban*
*AC = lengan kuasa*

**Gambar 13.20** Katrol tetap

Keuntungan lain dari katrol tetap adalah keuntungan arah, karena dengan gaya ke bawah kita dapat menaikkan beban.

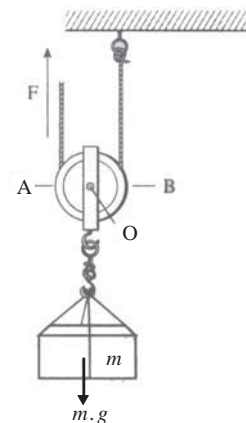
### b. *Katrol bergerak*

Pada katrol tunggal yang bergerak, benda yang diangkat digantungkan pada poros katrol O, B sebagai titik tumpu, O merupakan titik beban, A sebagai titik kuasa. Keuntungan mekanik katrol tunggal yang bergerak:

$$= \frac{mg}{F}$$

$$= \frac{AB}{OB}$$

$$= \frac{2r}{r}$$

Keuntungan mekanik katrol bebas = 2

**Gambar 13.21** Katrol bergerak

## c. Sistem katrol

Agar kuasa yang kecil mampu mengangkat beban yang jauh lebih besar maka digunakan sistem katrol.

Sistem katrol merupakan gabungan dua blok katrol, di mana tiap blok katrol dapat terdiri dari 2 katrol atau lebih.

Dari percobaan yang teliti ternyata untuk beban yang beratnya jauh lebih besar dari berat tali dan katrol-katrolnya berlaku rumus:

$$W = 2n.F$$

Gambar 13.22 Sistem katrol

$n$ = jumlah katrol tiap blok

$F$ = kuasa (gaya penariknya)

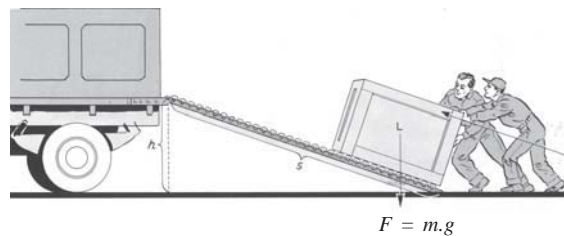
$W$ = beban yang diangkat

$\frac{w}{F}$ = disebut keuntungan mekanis

Katrol tunggal yang bergerak tidak mempunyai keuntungan arah apabila digunakan untuk mengangkat beban. Dalam praktik berat tali dan katrol tidak dapat diabaikan oleh sebab itu kuasa harus dinaikkan dari hasil perhitungan agar beban terangkat.

# 3. Bidang miring

Perhatikan gambar 13.23 dua orang menaikkan peti yang berat sekali ke dalam truk, digunakan bidang miring yang merupakan titian dari lantai ke atas truk. Kemudian didorong peti itu melewati titian. Berapa besarnya gaya dorong yang dibutuhkan dan berapakah usaha yang dilakukan?

F = m.g

Gambar 13.23 Bidang miring

Untuk menaikkan peti ke dalam truk dibutuhkan gaya dorong minimal $F_1$ berlawanan arah dengan $F$. Dari gambar di atas maka diperoleh perbandingan sebagai berikut.

$$\frac{h}{s} = \frac{F_1}{F} \rightarrow F_1 = \frac{F.h}{s}$$

$$F_1 = \frac{mgh}{s}$$

Apabila $\frac{h}{s} = \frac{1}{5}$, maka gaya $\frac{1}{5}$ mg atau seperlima gaya berat peti yang dinaikkan ke dalam truk, maka peti seberat 1000 newton, dapat didorong ke dalam truk dengan gaya 200 newton. Besarnya usaha yang dilakukan

$$W_1 = F_1.s = \frac{mgh}{s} = mgh$$

Usaha ini sama dengan usaha untuk menaikkan peti tersebut setinggi h secara langsung (naik vertikal) tanpa melalui bidang miring. Jadi jelas bidang miring digunakan untuk mempermudah usaha, bukan mengurangi besarnya usaha yang harus kita lakukan

Keuntungan mekanis bidang miring adalah sebesar $\frac{s}{h}$ jika $\frac{s}{h} = 5$, maka keuntungan mekanisnya 5.

Dalam praktik tidak ada bidang miring yang licin, tetapi gaya gesekan pasti ada sebab itu $F_1$ harus lebih besar dari $\frac{mgh}{s}$. Sebagian usaha berubah menjadi kalor karena adanya gesekan.

**Contoh soal:**

1. Seekor kuda menarik kereta. Jika kereta berpindah 20 meter, sedangkan gaya kuda itu 300 newton, searah perpindahan kereta. Berapakah usaha yang dilakukan kuda itu pada kereta?

   *Diketahui* : $F$ = 300 N
   $s$ = 20 m
   *Ditanya* : $W$ = ?
   *Jawab* : Jadi $W = F.S$
   = 300.20
   = 6.000 joule

2. Sebuah benda dilemparkan dengan gaya 100 newton. Selama 0,5 detik, benda itu menempel di tangan pelempar dan berpindah sejauh 1,5 meter. Setelah itu benda itu lepas dari tangan pelempar dan meluncur sejauh 20 meter, lalu berhenti. Berapakah usaha yang dilakukan oleh pelempar pada benda itu?

   *Diketahui* : $F$ = 50 N
   $s$ = 1,5 m dan $s'$ = 200 m
   *Ditanya* : $W$ oleh pelempar?
   *Jawab* : Gaya yang bekerja pada benda dari pelempar hanya bekerja sejauh 1,5 m.
   Jadi $W = F.s$
   = 50.1,5
   = 75 joule

3. Seseorang yang diberi tugas menaikkan benda yang bermassa 80 kg ke loteng yang tingginya 3 meter. Akan tetapi gaya terbesar yang dipunyai orang ini hanya 400 newton. Tugas ini harus dikerjakan seorang diri. Untuk orang itu tersedia katrol, tali (kira-kira 6 meter panjangnya dan balok-balok). Apakah yang harus dilakukannya? Diketahui percepatan gravitasi bumi 10 m $s^{-2}$.

*Diketahui* : $W = m.g$

$= 80 \, . \, 10$

$= 800$ N

$h = 3$ meter

$\ell = 6$ meter

*Ditanya* : Jika tersedia sebuah katrol dan balok-balok bagaimana caranya orang tersebut menaikkan beban tersebut sendirian?

*Jawab* : Dengan mengabaikan berat katrol dan tali maka ia dapat menggunakan katrol bergerak, dengan satu ujung tali ditambatkan di loteng, satu ditarik dari loteng melalui katrol.

$2T = m.g$

$= 80 \, . \, 10$

$T = 400$ N

Gaya ini sama dengan kekuatan orang $F = 400$ N

## 4. Daya

Manusia membuat pesawat digunakan untuk mempermudah dan mempercepat penyelesaian pekerjaan. Usaha yang dilakukan sebuah pesawat atau mesin tiap sekon disebut kecepatan usaha atau daya. Satuan daya dalam *SI* adalah joule/sekon = watt.

Daya sebuah mesin yang melakukan usaha sebesar 500 joule dalam waktu 5 sekon adalah $\frac{500}{5} = 100 \, W$.

Jadi 1 $JS^{-1}$ = 1 watt

Dalam penulisan matematika daya dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = P \text{ x } t$$

$W$ = usaha atau energi (joule)

$t$ = waktu dalam (sekon)

$P$ = power (daya) dalam satuan $Js^{-1}$ atau watt

Pada umumnya ukuran-ukuran alat-alat listrik dinyatakan dengan daya dan tegangannya. Misalnya lampu pijar berukuran 50 watt, 220 volt, setrika listrik 300 watt, 220 volt dan lain-lain. Lampu pijar 50 W, 220 V dapat menyala pada daya maksimum atau di bawahnya, daya maksimum lampu tersebut 50 W tercapai ketika tegangannya 220 V. Jika lampu 50 W, 220 V dipasang pada tegangan di bawah 220 V, lampu menyala pada daya di bawah 50 W, dan jika dipasang pada tegangan di atas 220 V, lampu menyala beberapa sekon kemudian mati.

Lampu 50 watt tiap sekon mengubah 50 joule energi listrik menjadi energi cahaya. Oleh sebab itu bola lampu 75 watt lebih terang dari bola lampu 50 watt bila dipasang pada tegangan yang sesuai karena energi cahaya pada lampu 75 watt lebih besar dari energi cahaya pada lampu 50 watt.

Pesawat televisi pun dapat dinyatakan dengan dayanya. Misalnya ada pesawat televisi yang mempunyai daya 20 watt, yang berarti tiap detik mengubah energi listrik sebesar 20 joule menjadi energi cahaya dan energi bunyi serta energi kalor. Seterika listrik mempunyai daya 500 watt artinya energi panas yang dihasilkan seterika itu tiap detik 500 joule.

Karena daya menyatakan energi per satuan waktu, maka energi dapat dinyatakan dengan daya kali waktu ($W = P.t$). Energi listrik di rumah-rumah sering dinyatakan dalam kWh.

Dalam sistem cgs satuan erg/detik sebagai satuan daya yang tidak perlu diberi nama lain.

Motor untuk pompa air, motor mobil dengan bahan bakar solar maupun bensin dayanya dinyatakan dengan sekian HP atau sekian PK (HP=hourse power, PK = paardekracht), dalam bahasa Indonesia adalah daya kuda.

**Contoh:**

Mesin Honda berkekuatan 5 PK artinya mesin tersebut mempunyai daya $5 \times 736$ watt atau 3 kali kekuatan kuda.

Mesin ini menghasilkan tenaga 3680 joule tiap sekon.

Satuan HP atau PK pertama kali dikemukakan oleh penemu mesin uap James Watt, berkebangsaan Inggris. Satuan PK dan HP tidak digunakan dalam ilmu pengetahuan, tetapi dalam perdagangan dan teknik masih digunakan.

## Kecakapan Kontekstual

Sebutkan macam-macam peralatan katrol yang digunakan dalam pembangunan rumah bertingkat dan jelaskan apa manfaatnya!

## E. Tekanan pada Benda Padat, Cair, dan Gas serta Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari

### 1. Tekanan pada benda ditentukan oleh gaya dan luas bidang normal

Kerjakan kegiatan berikut ini.

#### Mari Bereksperimen

Kegiatan 1

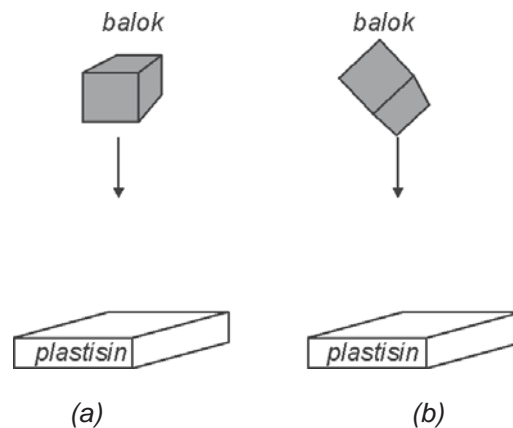
a. Sebuah balok dijatuhkan pada plastisin yang telah disiapkan seperti posisi a.

b. Mengulangi kegiatan pertama, tetapi balok dijatuhkan seperti posisi b. (ketinggian sama dengan kegiatan 1).

c. Amatilah balok pada posisi manakah yang masuk lebih dalam ke dalam plastisin.

d. Karena balok yang dijatuhkan sama, berat balok yang bekerja pada plastisin juga sama.



(a) (b)

Informasi:

Makin dalam balok masuk pada plastisin, tekanan balok pada plastisin makin besar.

Kegiatan 2

a. Letakkan kubus yang sama ukurannya tetapi bahannya berbeda. Misalnya dari bahan kayu dan besi, dan jatuhkan keduanya pada spon.
b. Ukuran kubus sama berarti luas bidang tekan pada demonstrasi itu
c. Ukuran kubus besi dan kayu sama, mana yang lebih berat?
d. Amatilah balok mana yang masuk lebih dalam pada spon?

Kesimpulan:

Pada luas bidang tekan yang sama, tekanan makin besar jika gaya semakin besar atau tekanan sebanding dengan gaya (*F*).

Dari kedua kegiatan itu dapat disimpulkan bahwa:

1) Tekanan sebanding dengan .......
2) Tekanan berbanding terbalik dengan .......

Bila dinyatakan tekanan dengan *p*, gaya dengan *F* dan luas tekanan dengan *A*, maka hubungan antara ketiga besaran itu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$p = \frac{F}{A}$$

Definisi tekanan adalah gaya persatuan luas bidang atau gaya yang dialami oleh bidang seluas 1 $m^2$.

Satuan tekanan dalam Sistem Internasional (SI) = $N/m^2$ (pascal = Pa). Satuan tekanan dalam sistem dalam cgs = $dyne/cm^2$; 1 $N/m^2$ = 10 $dyne/cm^2$.

**Contoh soal:**

1. Kubus mempunyai volume 1000 $cm^3$ mempunyai massa 4 kg, terletak pada salah satu bidang sisinya pada lantai horizontal. Berapa pascal tekanan kubus pada lantai itu jika $g = 10\ ms^{-2}$?

   *Penyelesaian:*

   Panjang sisi kubus = *s*

   $v = s^3$ = volume kubus

   $= 1000\ cm^3$

   $s = 10$ cm

Luas bidang tekan

$$A = s^2$$
$$= 10 \times 10 \text{ cm}^2$$
$$= 100 \text{ cm}^2$$
$$= 100 \times 10^{-4}$$
$$= 10^{-2} \text{ m}^2$$
$$F = \text{mg}$$
$$= 4 \times 10 = 40 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{450}{10^{-2}}$$
$$= 4000 \text{ N/m}^2$$
$$= 4000 \text{ Pa}$$

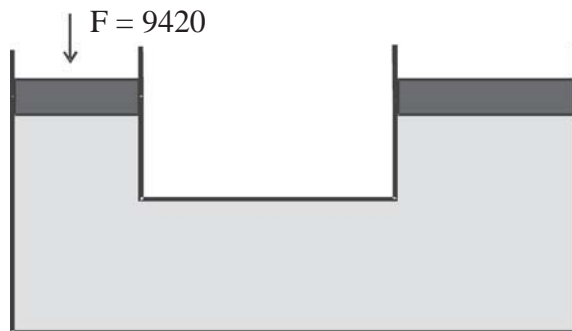
Jadi, tekanan kubus pada lantai = 4000 Pa.

2. Pengisap Kempa hidrolisis mempunyai jari-jari 20 cm dianggap tidak mempunyai berat, bila pengisap menekan zat cair karena mendapat gaya sebesar 9420 N. Berapa Pa tekanan yang dialami zat cair dari pengisap itu?

*Penyelesaian:*

$$A = \pi r^2$$
$$= \pi \times 20^2$$
$$= 400 \pi \text{ cm}^2$$
$$= 400 \pi \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$
$$= 4\pi \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

F = 9420

$$p = \frac{F}{A}$$
$$= \frac{9420}{4\pi \times 10^{-2}} \rightarrow \pi = 3,14$$
$$= \frac{3000 \times 10^2}{75.000}$$
$$= 75.000 \text{ Pa}$$

## 2. Tekanan Hidrostatis

Tahukah kamu mengapa bendungan dibuat dengan konstruksi bagian bawah lebih besar?

Karena zat cair dalam keadaan diam mempunyai berat, maka titik yang berada di dalam zat cair mengalami tekanan. Tekanan ini disebut tekanan hidrostatis.

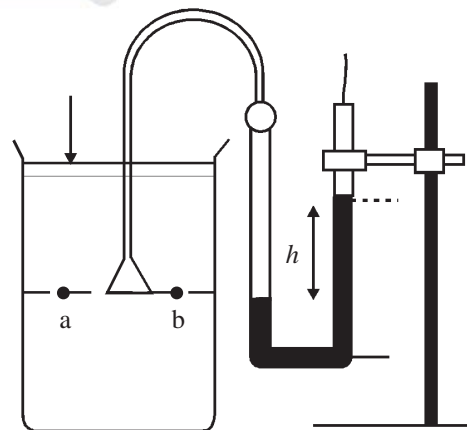
Faktor apa sajakah yang mempengaruhi tekanan hidrostatis tersebut? Ikutilah kegiatan di bawah ini!

### Eksperimen

a. Isilah gelas erlenmeyer dengan air, kemudian isilah gelas erlenmeyer lain dengan minyak tanah/spirtus dengan ketinggian yang sama!

b. Masukkan pengukur tekanan hidrostatis (pesawat harlt) ke dalam air sampai dasar gelas kemudian catatlah tekanan hidrostatisnya. (cmHg)

c. Pindahkan pesawat Harlt itu ke dalam gelas lain yang berisi minyak tanah atau spirtus usahakan sampai dasar gelas pula. Kemudian catatlah, berapa besar tekanan hidrostatisnya. (cmHg)

a b h

Kesimpulan: Pada kedalaman sama tekanan hidrostatis air lebih besar.

Telah kita ketahui massa jenis air lebih besar dibanding massa jenis minyak atau spirtus.

Jadi, tekanan hidrostatis sebanding dengan massa jenis zat cair.

d. Aturlah kedudukan selaput tipis pesawat harlt pada setengah ketinggian minyak tanah atau spirtus. Bacalah berapa tekanan hidrostatisnya. (cmHg)

Kesimpulan

Di dalam zat cair yang sama tekanan hidrostatis makin besar, jika kedalaman titik di bawah permukaan zat cair makin besar. Sebaliknya tekanan hidrostatis makin kecil jika kedalaman titik dari permukaan air makin kecil.

**Informasi:**

Di ruang tanpa bobot, zat cair tidak mempunyai berat sehingga tekanan hidrostatis = nol disebabkan percepatan gravitasi $g$ = nol. Dari percobaan, makin besar $g$ (makin besar percepatan gravitasi), makin besar pula tekanan hidrostatis.

**Kesimpulan akhir:**

Tekanan hidrostatis sebanding dengan:

a. Kedalaman titik di bawah permukaan zat cair ($h$)
b. Massa jenis zat cair ($r$)
c. Percepatan gravitasi bumi ($g$)

Jika dirumuskan secara matematik, didapat rumus sebagai berikut:

$$P_h = \rho g h$$

Dalam sistem internasional satuan tekanan hidrostatis = pa ($Nm^{-2}$)

Satuan $\rho$ dalam $kg/m^3$

Satuan $g$ dalam $m/s^2$

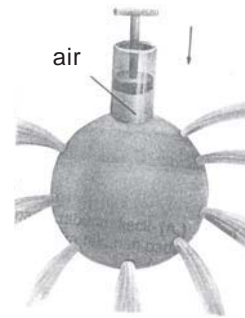
Satuan $h$ dalam m

## 3. Hukum Pascal

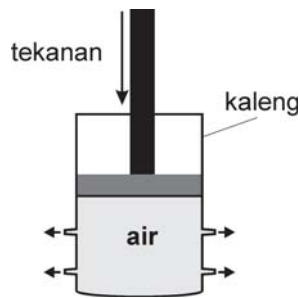
Ambillah penyemprot Pascal yang ada di laboratorium sekolah, isilah dengan air sampai penuh. Tekanlah tangkai penyemprot itu sehinga air memancar keluar.

Air memancar keluar dengan kekuatan sama, jauh pancaran sama, hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang dialami air tersebut sama besar.

Air yang memancar melalui lubang-lubang itu mendapat tekanan dari penghisap penyemprot itu yang tertekan, tekanan itu diteruskan air ke segala arah dengan sama besar.

air

**Gambar 13.24** Penyemprot Pascal

**Hukum Pascal:**

Zat cair dalam ruang tertutup jika mendapat tekanan, tekanan itu diteruskan ke segala arah dengan sama kuat tanpa pengurangan.

Gambar 13.25 Penyemprot paskal dari kaleng

Bila alat penyemprot Pascal tidak ada gunakan kaleng bekas yang tidak bocor dan lengkapilah dengan penekan seperti gambar di samping.

Hukum Pascal dapat dirumuskan secara matematik sebagai berikut.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Satuan gaya $F_1$ maupun $F_2$ harus sama, demikian juga satuan $A_1$ dan $A_2$. Untuk memudahkan ubahlah semua satuan ke dalam Sistem Internasional.

**Contoh soal**

Bila silinder A yang berluas penampang 100 $cm^2$ ditekan dengan gaya 5 N, gaya angkat yang dihasilkan pada silinder B yang luas penampangnya 2000 $cm^2$ sebesar $F_2$, besarnya:

$$F_2 = \frac{A_2 F_2}{A_1}$$

$$F_2 = \frac{2000 \times 5}{100} \qquad = 100 \text{ N}$$

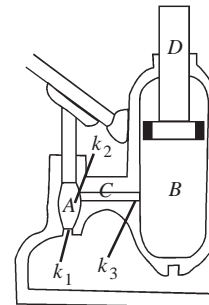
Jadi beban yang beratnya 100 N dapat diangkat hanya dengan gaya sebesar 5 N.

$$\text{Keuntungan mekaniknya} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{100}{5} = 20$$

Penerapan hukum Pascal yaitu:

a. Dongkrak hidrolik
b. Kempa hidrolik
c. Alat pengangkat mobil
d. Macam-macam pompa
e. Rem hidrolik

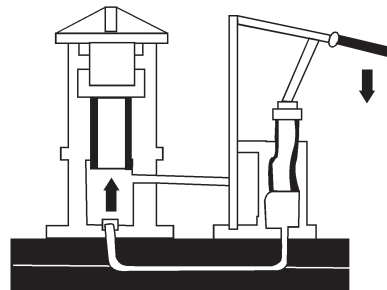
## a. Dongkrak hidrolik

Mula-mula $K_3$ terbuka kemudian ditutup. Penghisap pada tabung A ditarik ke atas sehingga katup $K_1$ terbuka, katup $K_2$ tertutup zat cair masuk ke A dari C, kemudian jika penghisap ditekan ke bawah katup $K_1$ tertutup, $K_2$ terbuka sehingga zat cair dari A masuk ke B dan tekanan dari A diteruskan ke B.

Gambar 13.26 Dongkrak hidrolik

Luas penampang B jauh lebih luas dari penampang A sehingga silinder D mendapat gaya yang cukup besar untuk mengangkat mobil.

Agar silinder D turun kembali katup $K_3$ dibuka, zat cair masuk dari B ke C.

## b. Kempa hidrolik

Dasar kerjanya sama dengan dongkrak hidrolik hanya silinder (pengangkat) diganti fungsinya sebagai pengempa (penekan). Alat ini digunakan untuk memeras biji untuk diambil minyaknya, mengepak ampas tebu, kapas, mencetak plat logam dan lain-lain.

**Gambar 13.27** *Kempa hidrolik*

## c. Alat pengangkat mobil

Alat pengangkat mobil di bengkel-bengkel besar, juga berdasarkan hukum Pascal.

### Keterkinian

Datanglah ke sebuah bengkel yang memiliki pengangkat mobil yang menggunakan sistem hidrolik. Cari tahu cara kerjanya, kemudian laporkan hasil kunjunganmu.

## d. Beberapa pompa

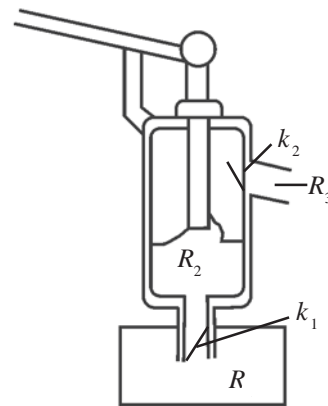
### 1) Pompa air

Pompa air mempunyai bagian-bagian sebagai berikut:

a) Ruang air $R_1$, $R_2$, dan $R_3$

b) Klep $K_1$, yang akan membuka jika pengisap bergerak naik dan menutup jika pengisap turun (air masuk dari $R_1$ ke $R_2$ pada saat pengisap turun).

c) Klep $K_2$ menutup jika pengisap naik dan membuka jika bergerak turun sehingga air pindah dari $R_2$ ke $R_3$

d) Pengisap dan tangkai pengisap air akan memancar ke luar melalui saluran air A. Pompa air digunakan untuk mengisap air sumur, untuk keperluan sehari-hari.



**Gambar 13.28** Pompa air

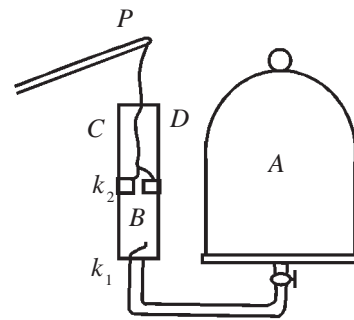
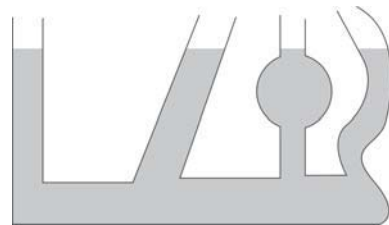
### 2) Pompa tekan udara

Pompa sepeda merupakan salah satu contoh pompa tekan udara. Pompa udara yang digunakan untuk memompa udara keluar dari suatu ruangan tertutup dinamakan pompa isap.

Apabila penghisap $P$ ditarik ke atas klep $K_1$ membuka, klep $K_2$ menutup sehingga udara dari ruang $A$ masuk ke B dan udara dari $C$ ke luar melalui lubang $D$.

Pada saat pengisap $P$ bergerak turun klep $K_1$ menutup dan klep $K_2$ membuka udara dari $B$ masuk ke $C$, demikian seterusnya sehingga udara di A dapat dikeluarkan menggunakan pompa isap udara.

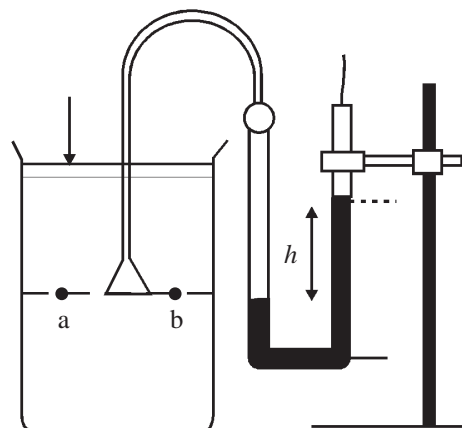
Isilah sebuah bejana berhubungan dengan air. Bagaimana kedudukan permukaan-permukaan air dalam setiap pipanya? Mendatar bukan?

Gejala ini disimpulkan sebagai hukum bejana berhubungan yang bunyinya sebagai berikut:

**Gambar 13.29** Pompa tekan udara

**Gambar 13.30** Bejana berhubungan

"Bila bejana-bejana berhubungan diisi dengan zat cair yang sama, dalam keadaan seimbang, permukaan zat cair dalam bejana-bejana itu terletak pada sebuah bidang mendatar" (bila tidak ada pipa kapiler).

## 4. Hukum utama hidrostatik

Lakukan percobaan dengan alat Harlt, ukurlah tekanan hidrostatis air dalam bejana pada a dan b, yang terletak pada satu garis horisontal. Berubahkah selisih tinggi raksa $h$ pada saat selaput tipis c berada pada a dan b?

Ternyata selisih tinggi raksa $h$ tidak berubah pada saat selaput tipis c berada pada a dan b (pada kedalaman sama). Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa:

**Gambar 13.31** Mengukur tekanan hidrostatik

Titik-titik yang berada dalam kedalaman sama (terletak dalam satu bidang horisontal) mempunyai tekanan hidrostatik yang sama.

Kesimpulan ini disebut Hukum Utama Hidrostatik.

Catatan: $h$ merupakan besarnya tekanan hidrostatik air pada a dan b dinyatakan dalam cmHg.

Bagaimana permukaan zat cair dalam pipa U? lakukan pengamatan di laboratorium.

Pada gambar 13.33 titik A dan B terletak pada satu garis horisontal yang melalui batas kedua zat cair. Karena terletak satu garis horisontal tekanan hidrostatiknya sama: $P_1 = P_2$

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$
$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$r_1$ = massa jenis zat cair pertama

$r_2$ = massa jenis zat cair kedua

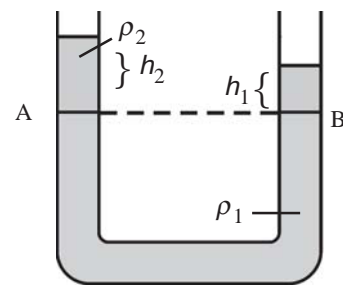
$h_1$ = tinggi zat cair pertama di atas garis batas

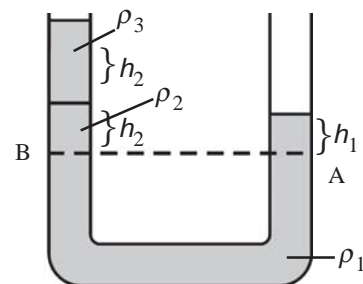
$h_2$ = tinggi zat cair kedua yang berada di atas garis kedua zat cair

Dari gambar 13.34, rumus penyelesaian soalnya sebagai berikut.

$P_1 = P_2$

$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$

$P_2$ = tekanan hidrostatik yang dilakukan oleh air dan minyak



Gambar 13.32



Gambar 13.33

**Contoh soal:**

1. Pipa U dengan luas penampang 10 $cm^2$, semula diisi dengan air hingga permukaan air pada kedua kaki sama tinggi. Kemudian kaki kanan pipa U diisi dengan minyak tanah setinggi 10 cm. Bila massa jenis minyak tanah 0,8 $g/cm^3$ dan massa jenis air 1 $g/cm^3$, berapakah beda tinggi permukaan air pada kedua kaki?

   *Penyelesaian:*

   Selisih tinggi air pada kedua kaki = $h_1$

   Berdasarkan hukum utama hidrostatika: $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$

   $\rho_1 h_1 = 0{,}8 \times 10$

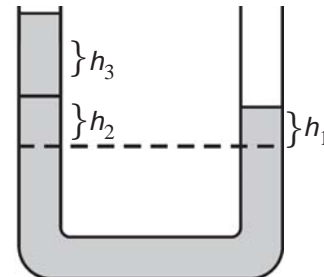
   $h_t = 8$ cm

2. Berapa beda tinggi raksa di kaki kanan dan kiri, jika tinggi minyak tanah $h_3$ cm, tinggi air = $h_2$ cm. Massa jenis raksa, air dan minyak tanah berturut-turut : $\rho_1$ g/cm$^3$; $\rho_2$ g/cm$^3$ dan $\rho_3$ g/cm$^3$.

*Penyelesaian:*

$h_1$ = tinggi raksa
$h_2$ = tinggi air
$h_3$ = tinggi minyak
$\rho_1$ = massa jenis Hg
$\rho_2$ = massa jenis air
$\rho_3$ = massa jenis minyak

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

$$h_1 = \frac{\rho_2 h_2 + \rho_3 h_3}{\rho_1}$$

## 5. Bejana Berhubungan dengan Pipa Kapiler

Menurut hukum utama hidrostatik bahwa permukaan zat cair sejenis dalam keadaan seimbang yang berada dalam bejana berhubungan terletak pada sebuah bidang mendatar. Ternyata hukum bejana berhubungan tidak berlaku jika pada bejana tersebut luas penampang pipa tidak sama.

Seperti tampak pada gambar, air akan naik lebih tinggi pada pipa yang lebih sempit.

($h_3 > h_2 > h_1$ di mana $A_1 > A_2 > A_3$)

Sedangkan raksa zat cair yang tidak membasahi dinding pada pipa sempit raksa turun, semakin sempit pipa semakin besar turunnya raksa. Penampang pada B, C dan D: $A_1$, $A_2$, $A_3$ turunnya raksa pada B, C dan D: $h_1$, $h_2$, dan $h_3$. Dari gambar tampak $h_3 > h_2 > h_1$ sedangkan $A_3 < A_2 < A_1$.

Air dalam pipa kapiler

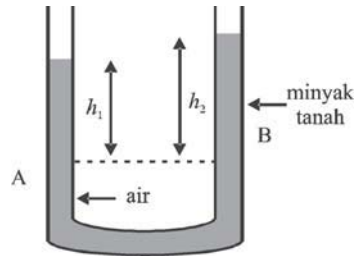
Air raksa dalam pipa kapiler

**Gambar 13.34** Pipa kapiler

Gejala naik atau turunnya zat cair pada pipa sempit disebut kapilaritas. Sedangkan pipa yang menyebabkan zat cair di dalam pipa naik atau turun dibandingkan zat cair di luar pipa disebut pipa kapiler.

Dalam kehidupan sehari-hari gejala kapilaritas terjadi pada naiknya air dari akar ke semua bagian tumbuhan untuk mengangkut makanan, basahnya dinding tembok pada waktu musim penghujan, naiknya spirtus pada sumbu lampu spirtus dan lain-lain.

## Kecakapan Personal

1. Pipa U kedua ujung kakinya terbuka diisi dengan raksa dengan massa jenis 13,6 g/cm$^3$. Berapa cm minyak (massa jenis 0,8 g/cm$^3$) harus dituangkan ke dalam kaki yang satunya supaya permukaan raksa dalam kaki tersebut turun 1 cm?
2. Massa jenis minyak tanah dapat dihitung menggunakan pipa U, di mana massa jenis air dianggap 1 gram/cm$^3$.
   Apabila tinggi minyak di atas air 10 cm dan selisih tinggi air di kaki kiri dan kanan minyak 8 cm. Hitunglah massa jenis minyak tanah!

## Rangkuman

1. Gaya adalah besaran yang dapat mengubah gerak dan atau bentuk. Dalam sisten Satuan Internasional satuannya newton (N) = kg m/s$^2$
2. Tekanan ($P$) adalah gaya normal per satuan luas bidang tekan.

   $P = \frac{F}{A}$, satuan tekanan dalam SI adalah $\frac{N}{m^2}$ (Pa

3. Gaya kontak adalah gaya yang dimbul akibat kontak/sentuhan.

   Contoh : gaya gesekan, gaya normal, gaya tegangan tali, gaya pegas
4. Gaya dapat diukur dengan neraca pegas.
5. Resultan gaya segaris : $R = F_1 + F_2 + ....$
6. Berat benda di bumi $w$, adalah gaya tarik yang dialami benda oleh bumi.

   $w = m.g \quad \rightarrow \quad m$ = massa (kg)

   $g$ = percepatan gravitasi (m/s$^2$)
7. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha.
   a. Energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena kedudukannya $EP = mgh$.

b. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya (*EK*).

$$EK = \frac{1}{2} mv^2$$

c. Energi mekanik (*EM*) = *EP* + *EK*

d. Hukum kekekalan energi mekanik berlaku jika pada benda hanya ada gaya berat saja.

$$EM_1 = EM_2$$

8. Usaha (work)

   Usaha adalah hasil kali komponen gaya yang sejajar perpindahan dengan perpindahan.

   $W = F \cdot s$ untuk $F // s$

   $W = F s \cos \alpha$ untuk $F$ bersudut $\alpha$ terhadap $s$

9. Pesawat sederhana ada tiga yaitu
   a. katrol,
   b. pengungkit, dan
   c. bidang miring.

10. Tekanan hidrostatis, tekanan oleh zat cair diam

    $$P_h = \rho g h$$

11. Hukum Utama Hidrostatik berbunyi:

    Titik-titik yang terletak pada garis horisontal di dalam zat cair tekanannya sama.

12. Hukum Pascal :

    Zat cair yang mendapat tekanan diteruskan ke segala arah dengan sama besarnya.

    $$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

13. Contoh penerapan Hukum Pascal pada:
    a. kempa hidrolik,
    b. dongkrak hidrolik, dan
    c. rem hidrolik.

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Satuan kerja dalam SI adalah ....
   a. Newton
   b. Newton meter atau joule
   c. Newton detik
   d. Newton meter/detik

2. Jika gaya yang melakukan usaha dinyatakan dengan $F$, massa benda ($m$) berpindah sejauh $s$ akibat gaya tersebut maka usaha oleh gaya $F$ dirumuskan:
   a. $W = F \times a$
   b. $W = F \times s$
   c. $W = m \times s$
   d. $W = m \times a$

3. Seorang yang beratnya 500 newton naik dari lantai 1 ke lantai 2 yang tingginya 4 m pada sebuah gedung bertingkat, gaya berat orang itu melakukan usaha ....
   a. –2000 joule
   b. –4000 joule
   c. 2000 joule
   d. 4000 joule

4. Usaha yang dilakukan gaya rem kendaraan bermotor bernilai ....
   a. negatif
   b. positif
   c. dapat positif dapat negatif
   d. nol

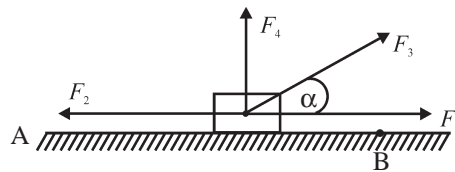
5. Sebuah benda didorong dengan gaya 250 N di permukaan lantai mendatar yang licin sehingga berpindah sejauh 4 m. Besar kerja yang dilakukan gaya tersebut ....
   a. lebih besar dari 1000 joule
   b. sama dengan 1000 joule
   c. kurang dari 1000 joule
   d. negatif

6. Sebuah benda massanya 0,2 kg jatuh bebas dari ketinggian 8 m, jika percepatan gravitasi bumi $g = 10\ ms^{-2}$ usaha yang dilakukan gaya berat benda tersebut ....
   a. –160 joule
   b. 160 joule
   c. –40 joule
   d. 40 joule

7. Apabila seseorang menahan tiang bendera selama 5 menit agar tidak roboh maka kerja yang dilakukan orang tersebut ....
   a. nol
   b. lebih kecil dari nol
   c. lebih besar dari nol
   d. tidak dapat ditentukan

8. Sebuah benda dipengaruhi 4 buah gaya seperti gambar, sehingga berpindah dari A ke B. Pada perpindahan tersebut yang tidak melakukan usaha adalah ....



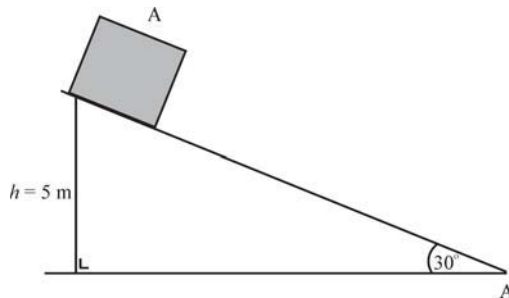
   a. $F_1$
   b. $F_2$
   c. $F_3$
   d. $F_4$

9. Dengan bidang miring yang sisi miringnya 10 m dan sisi tegaknya 3 m orang dapat menaikkan benda yang beratnya 1000 N cukup dengan gaya sebesar ....
   a. 100 N
   b. 200 N
   c. 300 N
   d. 400 N

10. Bila kita menaikkan benda yang beratnya 500 N menggunakan katrol lepas, maka gaya minimal yang dibutuhkan ....
    a. 500 N
    b. 400 N
    c. 300 N
    d. 250 N

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban singkat!**

1. Apakah yang dimaksud dengan usaha?
2. Berapa usaha yang dilakukan oleh gaya 20 N yang menyebabkan benda bergerak dari posisi $x_1$ = 5 m kembali ke posisi $x_2$ = 5 m?
3. Usaha yang dilakukan oleh gabungan beberapa gaya samakah dengan jumlah usaha yang dilakukan oleh masing-masing gaya? Jelaskan!
4. Jika arah gaya yang melakukan usaha searah sumbu $x$ positif dan perpindahan benda dari $x_1$ = –4 m ke $x_2$ = –10 m, maka gaya tersebut melakukan usaha negatif, mengapa?
5. Benda berpindah dari posisi awal pada $x_1$ = 2 m ke posisi akhir $x_2$ = 12 m, jika selama benda itu bergerak dari $x_1$ ke $x_2$, benda mengalami gaya searah sumbu $x$ positif, maka gaya tersebut melakukan usaha positif, jelaskan!
6. Kapan gaya melakukan usaha positif?
7. Kapan gaya melakukan usaha negatif?
8. Jika gaya tegak lurus perpindahan usaha oleh gaya itu = nol, benarkah? Beri penjelasan!
9. Sebuah benda jatuh dari ketinggian 10 m di atas tanah. Jika berat benda sebesar 100 N, hitung usaha yang dilakukan oleh gaya berat benda tersebut pada saat mencapai tanah!
10. Sebuah buah kelapa mempunyai berat konstan 20 N selama jatuh dari pohonnya yang memiliki tinggi 4 m, berapa usaha oleh gaya berat buah kelapa tersebut sehingga mencapai tanah!
11. Bagaimanakah prinsip kerja tuas?
12. Seseorang mendorong tembok sebuah ruangan, apakah orang ini melakukan kerja/usaha? Jelaskan!
13. Samakah prinsip kerja tuas dengan katrol? Jelaskan!
14. Samakah usaha dengan energi?
15. Jika kita menarik balok es di lantai kasar ternyata es lebih cepat melebur, apa penyebabnya? Jelaskan!

## Tugas Proyek

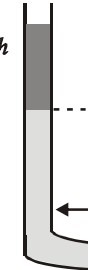
1. Massa balok $m$ = 5 kg dan $g$ = 10 $ms^{-2}$ berapakah:



a. Panjang AB!

b. Usaha yang dilakukan gaya berat dari A ke B!

2. Jika $\rho_{air}$ = 1000 $kg/m^3$

$\rho_{minyak}$ = 800 $kg/m^3$

Hitunglah $h$ minyak!

Bab XIV

# Konsep dan Penerapan Getaran, Gelombang, dan Optika dalam Teknologi

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, kamu diharapkan dapat:

1. mendeskripsikan konsep getaran dan gelombang serta parameter-parameternya.
2. mendeskripsikan konsep bunyi dalam kehidupan sehari-hari.
3. menyelidiki sifat-sifat cahaya dan hubungannya dengan berbagai bentuk cermin dan lensa.
4. mendeskripsikan alat-alat optik dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

**Sumber:** www.img.blogcu.com

Pernahkah kamu bermain gitar? Bila senar gitar kita getarkan (dipetik) maka senar akan tampak bergetar naik turun di sekitar lintasan senar itu sendiri. Saat itu pula kita akan mendengar bunyi dari senar yang bergetar tersebut. Konsep getaran dan gelombang sangat erat sekali hubungannya. Alat-alat musik, bunyi-bunyian, cahaya, dan gelombang laut adalah merupakan contoh aplikasi getaran dan gelombang dalam kehidupan sehari-hari.

## Peta Konsep

- Getaran dan Gelombang
  - Getaran
    - Pengertian getaran
    - Parameter getaran
      - Periode
      - Frekuensi
      - Amplitudo
  - Gelombang
    - Gelombang mekanik dan elektromagnetik
    - Gelombang trans-versal dan Gelombang longitudinal
      - Gelombang bunyi
        - Karakteristik Gelombang Bunyi
        - Resonansi
      - Gelombang Cahaya
        - Lup
        - Kaca mata
        - Mikroskop
        - Teropong
        - Sifat-Sifat Gelombang Cahaya
          - Cermin
            - Datar
            - Cekung
            - Cembung
          - Lensa
            - Cembung
            - Cekung
        - Alat-Alat Optik
    - Sifat gelombang

## Kata Kunci

- Getaran
- Gelombang
- Bunyi
- Cahaya, cermin, lensa
- Alat-alat optik

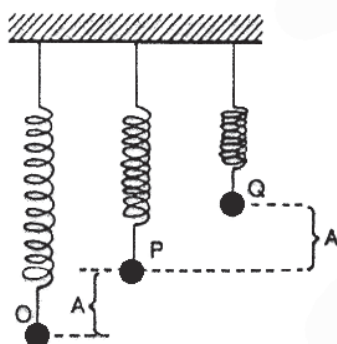
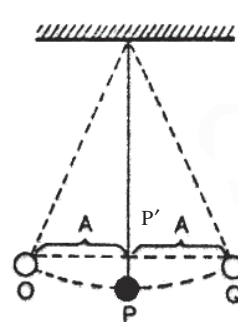
## A. Konsep Getaran serta Parameter-Parameternya

### 1. Getaran

Perhatikan gambar 14.1 benda bergerak dari titik seimbang P ke posisi Q dan O secara bolak-balik dan berulang secara periodik. Jika benda yang bergetar berhenti, maka benda itu berhenti di titik P. Titik P disebut titik seimbang.

Gerak bolak-balik secara periodik (berulang) melalui titik keseimbangan disebut gerak getaran. Setiap benda yang bergetar memiliki frekuensi, periode dan amplitudo (*simpangan maksimum*). Frekuensi, amplitudo, dan periode antara dua getaran dapat bernilai sama, dapat pula berbeda.

Getaran pada benda dapat berupa:

a. Getaran ujung batang
b. Getaran selaras
c. Ayunan sederhana

*Getaran ujung batang* *Getaran selaras benda* *Ayunan sederhana*

**Gambar 14.1** Berbagai bentuk getaran

Getaran pada gambar 14.1, semuanya mempunyai frekuensi tunggal, maka sering disebut getaran tunggal. Getaran tunggal yang lintasannya berupa garis lurus disebut **getaran selaras**. Getaran tunggal yang terjadi pada peristiwa ayunan disebut **ayunan sederhana**. Titik P disebut titik seimbang, simpangan terjauh dinamakan **amplitudo** (*A*). Pada getaran batang dan ayunan sederhana jarak P′Q : P′O : *A* (amplitudo). Gerak dari O - P - Q - P - O disebut **satu getaran sempurna**.

## 2. Periode

Coba kamu perhatikan kembali gambar 14.1.

Gerak dari P - Q - P - O - P membutuhkan waktu, waktu tersebut dinamakan periode ($T$). Gerak dari P - Q - P - Q - P disebut satu getar penuh.

**Periode** adalah waktu untuk melakukan satu getaran sempurna

Dalam praktik laboratorium pengukuran periode bandul sering dilakukan. Agar pengukuran periode lebih teliti jumlah ayunan harus banyak. Makin banyak jumlah ayunan pengukuran periode makin teliti.

Misalnya kita mengukur waktu untuk melakukan 10 getaran sempurna, tercatat waktu 4 sekon, periode getaran itu ($T$) =

$$= \frac{waktu}{jumlah\ getaran}$$

$$= \frac{4}{10} = 0,4 \text{ sekon}$$

Berapa periode getaran jika 20 getaran sempurna dilakukan dalam waktu 3 menit? Waktu dalam Sistem Internasional selalu dinyatakan dengan satuan sekon, sehingga untuk soal tersebut periode getarannya:

$$T = \frac{30 \text{ sekon}}{20}$$

$$T = 9 \text{ sekon}$$

## 3. Frekuensi

Jumlah getaran yang dilakukan benda dalam satu sekon dinamakan frekuensi ($f$).

**Contoh:**

a. Sebuah benda di ujung pegas melakukan gerak getaran, selama 1 sekon melakukan 10 getaran sempurna, frekuensi getaran itu $f$ = 10 getaran/sekon.

b. Sebuah benda melakukan 5 getaran sempurna dalam 0,2 detik, berapa frekuensinya?

*Jawab:*

Frekuensi getaran tersebut:

$$f = \frac{5}{0,2} \left( \frac{\text{banyaknya getaran}}{\text{waktu}} \right)$$

$$= \frac{50}{2} \rightarrow f = 25 \text{ getaran/sekon}$$

Satuan frekuensi dalam:

- Sistem Internasional adalah Hertz (Hz) atau cps (cycle per second) atau getaran/sekon.
- Satuan lain: k Hz = 1.000 Hz = $10^3$ Hz

  M Hz = 1.000.000 Hz = $10^6$ Hz

  G Hz = 1.000.000.000 Hz = $10^9$ Hz

## 4. Hubungan antara Frekuensi dengan Periode

Benda melakukan 5 getaran dalam satu sekon, maka:

$f$ = 5 Hz

$T = \frac{1}{5}$ sekon

Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi adalah kebalikan dari periode.

$$f = \frac{1}{T}$$

$f$ = dalam Hz

$T$ = dalam sekon (s)

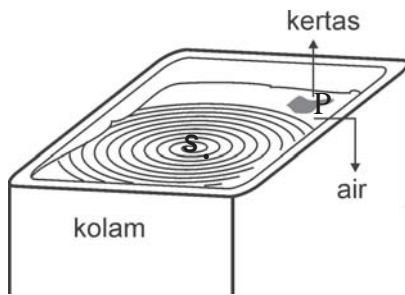
# B. Gelombang

Gelombang didefinisikan sebagai getaran yang merambat. Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita jumpai peristiwa gelombang, misalnya gelombang air laut, gelombang radio, dan gelombang cahaya.

## 1. Gelombang mekanik

Gelombang yang digunakan untuk siaran radio, televisi, dan telepon seluler adalah gelombang elektromagnet, sedangkan gelombang tsunami, gelombang pada tali, dan gelombang bunyi merupakan contoh gelombang mekanik.

Gelombang mekanik adalah gelombang yang memerlukan medium dalam penjalarannya, sedangkan gelombang elektromagnet dapat menjalar melalui ruang hampa dan juga dapat menjalar pada medium.

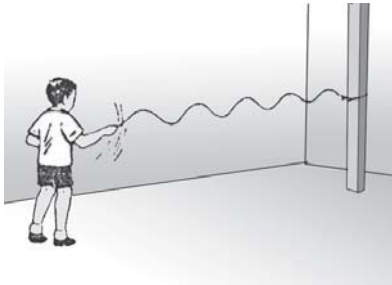
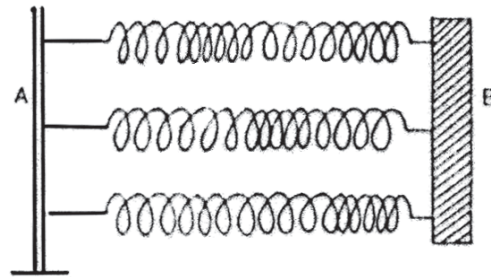
Perhatikan percobaan sederhana dengan tangki riak pada gambar 14.2.

Gambar 14.2 Tangki riak

Batu kecil dijatuhkan di permukaan air di S. Pada permukaan air timbul gelombang yang merambat dari S ke tepi tangki riak melalui kertas di P. Kertas di P bergerak naik turun berulang-ulang (P bergetar), tetapi kertas tidak berpindah tempat. Dengan kata lain energi getaran berpindah dari sumbernya (S) ke titik lain termasuk ke titik P. Gangguan keseimbangan yang menimbulkan gelombang disebut usikan.

Jadi **gelombang** adalah pola perambatan getaran atau usikan yang menjalar atau perambatan energi getaran

Gelombang tidak memindahkan medium, tetapi memindahkan energi getaran dari sebuah sumber ke tempat lain.

## 2. Gelombang transversal dan longitudinal

Lakukan percobaan dengan tali dan pegas seperti gambar 14.3 dan 14.4.

**Gambar 14.3** Gelombang transversal (arah getar dan arah rambat gelombang tegak lurus)

**Gambar 14.4** Gelombang longitudinal (arah getara dan arah rambat gelombang searah)

Gelombang seperti gambar 14.3 disebut gelombang transversal dan gelombang seperti gambar 14.4 disebut gelombang longitudinal.

### *a. Gelombang Transversal*

Perhatikan gambar 14.3, pada gelombang transversal tali, tali bergetar naik dan turun gelombang menjalar horizontal sehingga terbentuk gunung dan lembah gelombang, jadi arah rambatan gelombang tegak lurus arah getaran. Gelombang demikian disebut **gelombang transversal**.

Gelombang transversal hanya dapat merambat dengan baik pada zat padat dan permukaan zat cair.

### b. *Gelombang Longitudinal*

Perhatikan gambar 14.4, getaran pegas arahnya horizontal, gelombang merambat arahnya horizontal dari A ke B. Gelombang demikian disebut **gelombang longitudinal**. Gelombang. Gelombang longitudinal mempunyai arah getaran dan rambatan sejajar atau segaris.

Gelombang longitudinal dapat merambat dengan baik pada zat padat, cair, maupun gas.

## 3. Panjang gelombang ($\lambda$)

Gelombang yang menjalar mempunyai kecepatan sehingga jarak tempuhnya dirumuskan sesuai perumusan gerak lurus beraturan. Yang dimaksud panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh gelombang dalam satu periode.

Menurut kinematika gerak: $s = vt$, dalam satu periode $t = T$

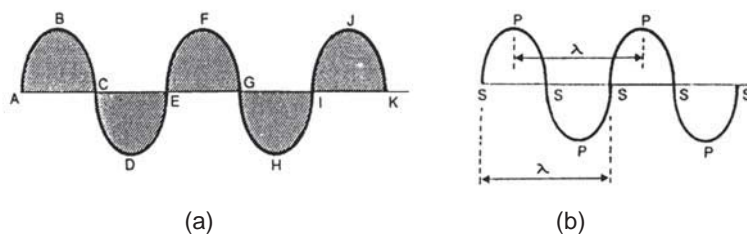
Sehingga: $S = \lambda = v \cdot T \rightarrow \boxed{\lambda = \frac{V}{f}}$ atau $\boxed{v = f\lambda}$

$v$ = kecepatan gelombang (m/s)
f = frekuensi (Hz)
$\lambda$= panjang gelombang (m)

### a. *Gelombang Transversal*

Pada gelombang transversal, terdapat puncak dan lembah seperti gambar 14.5.



(a) (b)

**Gambar 14.5** Gelombang transversal dengan perut dan simpul

- ABCDE atau BCDEF disebut satu gelombang.
- ABC disebut gunung gelombang.
- CDE disebut lembah gelombang.
- ABC atau CDE disebut perut gelombang.
- Titik B, D, F, H, J disebut puncak gelombang atau titik perut (P)
- Titik A, C, E, G, I dan K disebut titik simpul (s)
- Panjang garis ACE atau garis BF disebut panjang gelombang.

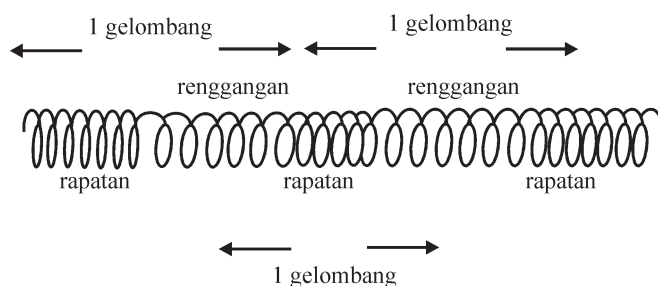
Amplitudo gelombang adalah simpangan terbesar dari materi yang bergetar disingkat (A)

Titik simpul = titik yang tidak mempunyai simpangan, diberi simbol (S)

Titik perut = titik yang simpangannya terbesar, dengan simbol (P)

Waktu yang dibutuhkan gelombang agar gelombang berpindah dari A sampai E (lihat Gambar 14.5) disebut **periode** (*T*).

### b. Gelombang Longitudinal

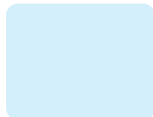
Gambar 14.6 merupakan gerak gelombang longitudinal pada slingki. Ciri khas gelombang longitudinal adalah adanya rapatan dan renggangan

**Gambar 14.6** Gelombang longitudinal dengan rapatan dan renggangan

- Bagian yang merapat disebut rapatan.
- Bagian yang merenggang disebut renggangan.
- Jarak antara 2 rapatan atau 2 renggangan yang berurutan disebut panjang gelombang ($\lambda$).
- Panjang gelombang diberi notasi lamda ($\lambda$) dengan satuan meter.
- Bunyi merupakan salah satu contoh gelombang longitudinal.

## 4. Hubungan antara cepat rambat, frekuensi, dan panjang gelombang

**Periode** (*T*) adalah waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk menempuh satu gelombang. Satuan dalam Sistem Internasional adalah **sekon**.

**Frekuensi** (*F*) adalah jumlah gelombang yang melalui sebuah titik tiap sekon. Dilihat dari definisi tersebut hubungan antara periode dengan frekuensi adalah berbanding terbalik.

Hubungannya:

**Cepat rambat gelombang** adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam satu sekon notasi kecepatan gelombang (*v*) dalam Sistem Internasional satuannya meter/sekon.

Hubungan antara cepat rambat, frekuensi dan panjang gelombang sebagai berikut:

Bila $t = T$, maka $s = \lambda$

$$s = v \cdot t \rightarrow \lambda = v \cdot T$$

$$\text{sedangkan } T = \frac{1}{f} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\text{atau} \quad v = f \cdot \lambda$$

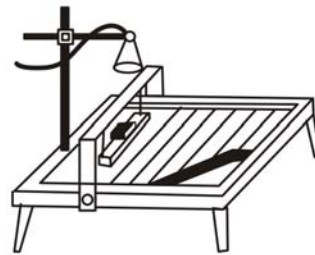
Keterangan :

$v$ = cepat rambat gelombang ($ms^{-1}$)

$\lambda$ = panjang gelombang (m)

$f$ = frekuensi (Hz)

## 5. Pemantulan gelombang

Gejala pemantulan gelombang mudah diamati melalui tangki riak (*riple tank*). Perangkat ini terdiri dari bak air dari kaca tembus pandang yang dangkal ± 3 cm, berkaki seperti meja yang tingginya kira-kira 50 cm. Selain itu dilengkapi pula dengan penggetar (*vibrator*), lampu dan bidang pemantul dari bahan aluminium. Lihat gambar 14.7 di samping!

**Gambar 14.7** Bentuk gelombang yang dihasilkan tergantung bentuk benda yang digetarkan

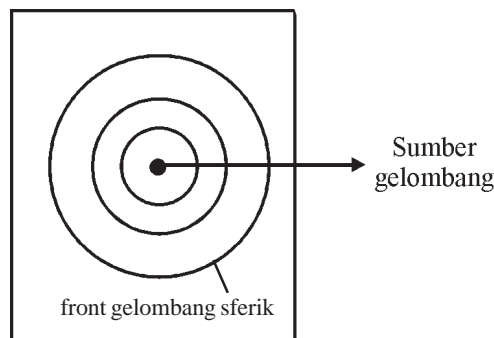
### *a. Front Gelombang Bola*

Bila bola bergetar di permukaan air, pola gelombangnya seperti gambar 14.8 di samping.

Gelombang demikian disebut gelombang melingkar (*sferik*). Lingkaran-lingkaran itu disebut **muka/front gelombang**.

**Muka gelombang** adalah garis hubung yang menghubungkan titik-titik yang berjarak sama dari sumbernya.

Sumber gelombang

front gelombang sferik

**Gambar 14.8** Pola gelombang sferik permukaan air

## b. Front Gelombang Datar

Bila penggaris (permukaan datar) yang bergetar di permukaan air, pola gelombang yang dihasilkan seperti gambar 14.9 di samping.

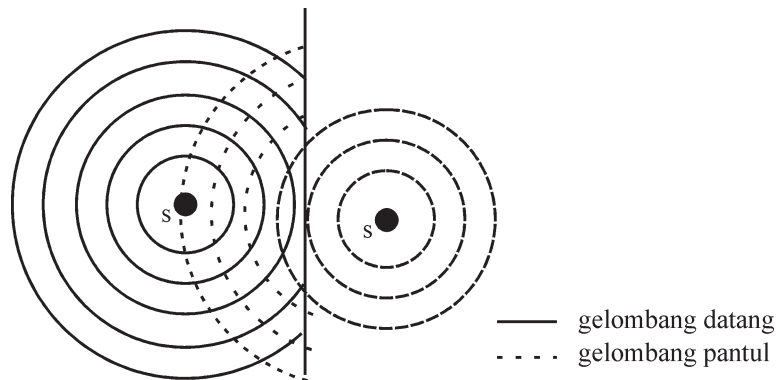
Gelombang demikian disebut gelombang lurus. Garis-garis lurus itu merupakan puncak gelombang yang disebut **muka/front gelombang**.

Gambar 14.9 Pola gelombang datar di permukaan air

Jadi front gelombang ada 2 jenis, yaitu:

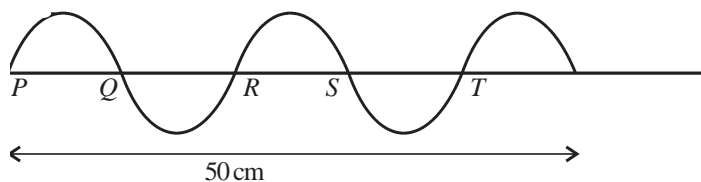
1) Front gelombang sferik
2) Front gelombang datar

Peristiwa pemantulan gelombang yang mudah diamati adalah pemantulan gelombang sferik oleh pemantul bidang datar.

s
s
gelombang datang
gelombang pantul

Gambar 14.10 Pemantulan sferik oleh pemantul bidang datar

**Contoh soal:**

1) Perhatikan gelombang di bawah ini!

P Q R S T
50 cm

Gelombang pada tali merambat dari P menuju T.

a) Di antara titik P dan T terdapat berapa titik simpul dan titik perut?
b) Di antara PT terdapat berapa puncak dan berapa lembah?

c) Terdiri dari berapa gelombang PT tersebut?

d) Berapa panjang gelombangnya?

*Jawab:*

a) Di antara P dan T terdapat 3 titik simpul dan 4 titik perut.

b) Di antara PT terdapat 2 puncak dan 2 lembah gelombang.

c) PT terdiri dari 2 gelombang.

d) Panjang gelombang tali tersebut ( =$\lambda$):

$2\lambda = PT$

$2\lambda = 50$ cm

$\lambda = 25$ cm

2) Jarak 3 renggangan pada gelombang longitudinal yang berkecepatan 21 m/s adalah 30 cm. Tentukan

a) panjang gelombang

b) kecepatan gelombang

*Jawab:*

a) Jarak 3 renggangan = $2\lambda$

$2\lambda = 30$ cm

$\lambda = 15$ cm

b) $v = f \times \lambda$

$21 = f \times 0{,}15$

$$f = \frac{21}{415} = \frac{2100}{15} \rightarrow f = 140 \text{ Hz}$$

Frekuensi gelombang pada nomor 1 di atas 200 Hz. Berapa kecepatan gelombangnya?

*Diketahui:* $\lambda = 0{,}25$ m

$f = 200$ Hz

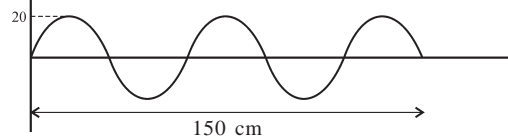
*Jawab:* $V = f \times \lambda$

$= 200 \times 0{,}25$

$V = 50 \text{ ms}^{-1}$

## Kecakapan Personal

1. Perhatikan gelombang pada tali berikut ini!
   Jika kecepatan gelombang 20 m/s, hitunglah:
   a) Frekuensi gelombang!
   b) Amplitudo gelombang!

   20
   150 cm

2. Gelombang bunyi mempunyai frekuensi 1.000 Hz, jika cepat rambat bunyi 320 m/s hitung panjang gelombang bunyi tersebut!

# C. Konsep Bunyi dalam Kehidupan Sehari-hari

## 1. Gelombang bunyi dapat merambat melalui berbagai zat antara dengan laju berbeda

### *a. Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar*

Petiklah senar gitar, kemudian sentuhlah perlahan-lahan senar tersebut. Apakah yang kamu rasakan? Kamu merasakan senar bergetar. Ini menunjukkan bahwa bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar. Benda yang menghasilkan bunyi dinamakan sumber bunyi.

**Bunyi** adalah peristiwa getaran yang dihasilkan sebuah benda.

**Gambar 14.11** Getaran senar gitar menghasilkan bunyi

Dalam kehidupan sehari-hari kadang kita direpotkan dengan bunyi pesawat radio dan TV yang dinyalakan sangat kuat. Apa sebenarnya bunyi itu?

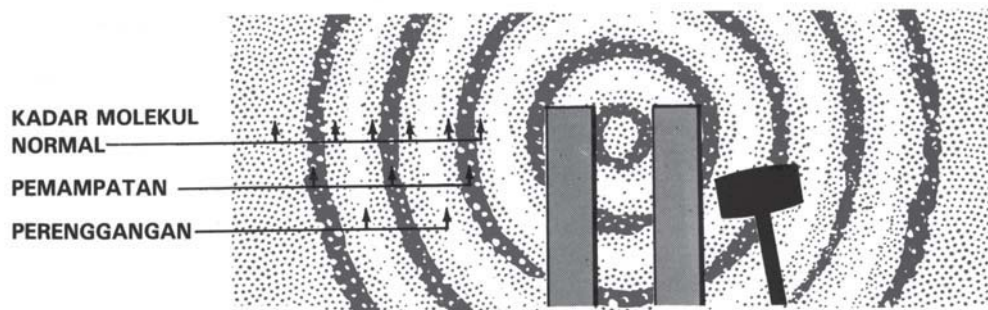
## b. Bunyi adalah gelombang longitudinal

Berbagai sumber bunyi, seperti genderang, gitar, garputala dan lonceng menghasilkan getaran. Getaran sumber bunyi itu berganti-ganti menekan (merapatkan) dan tidak menekan (merenggangkan) udara di sekitarnya.

Getaran ini merambat ke segala arah dengan arah perjalanan searah dengan arah getaran. Karenanya gelombang bunyi termasuk **gelombang longitudinal**.

Bunyi termasuk gelombang longitudinal

KADAR MOLEKUL NORMAL

PEMAMPATAN

PERENGGANGAN

**Gambar 14.12** Rapatan dan renggangan yang menjalar di udara dihasilkan oleh garputala yang berbunyi
**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer 5

## c. Syarat terjadinya bunyi

### 1) Bunyi tidak dapat melalui ruang hampa

Bila bel listrik dibunyikan di dalam ruang tertutup yang hampa, bunyi tidak akan terdengar oleh orang di luar ruang tersebut. Jadi, bunyi membutuhkan medium untuk merambat.

Karena bunyi membutuhkan medium penjalaran (tidak dapat melalui hampa udara), maka bunyi termasuk **gelombang mekanik**. Bukti bahwa bunyi tidak dapat melalui hampa udara dapat dipahami seperti gambar di samping ini.

Bagaimana jika bel itu bergetar di tengah hutan yang lebat dan di sana tidak ada pendengar, apakah terjadi bunyi? Jadi, dapat disimpulkan bahwa bunyi dapat terjadi jika memenuhi 3 syarat sebagai berikut.

**Gambar 14.13** *Bunyi tidak dapat melalui ruang hampa*
**Sumber:** *Trippensee.com*

1) Ada sumber bunyi yang bergetar
2) Terdapat medium (zat antara) yang menghantarkan bunyi
3) Ada penerima atau telinga pendengar

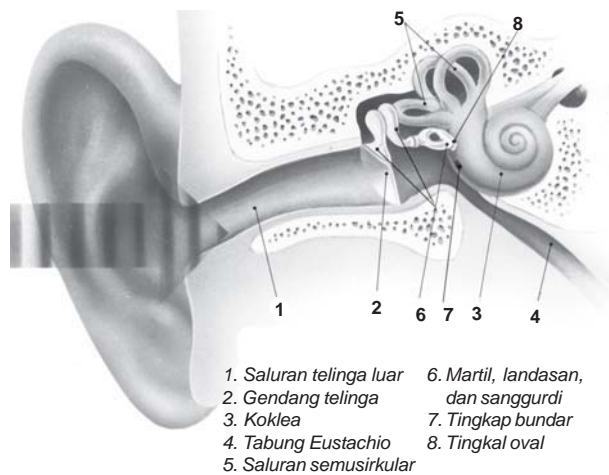
### 2) Bunyi dapat menjalar melalui zat padat, cair maupun gas

Dalam kehidupan sehari-hari bunyi yang kita dengar menjalar melalui udara. Tetapi bunyi dapat pula menjalar melalui zat padat dan zat cair.

Bagaimana telinga mampu mendengar bunyi?

Kamu telah memahami bahwa bunyi adalah hasil getaran. Sumber bunyi yang bergetar menggetarkan udara di sekitarnya. Jika getaran tersebut mencapai telinga pendengar, maka getaran tersebut menggetarkan selaput genderang telinga, selanjutnya diubah menjadi arus listrik dan diteruskan ke otak. Otaklah yang menghayati bunyi itu dan orang mampu membedakan sumber, jenis dan kuat serta tinggi frekuensi bunyi yang didengarnya.

Hal ini dapat kamu bayangkan seperti mikrofon menangkap bunyi, diubah menjadi arus listrik diteruskan ke amplifier kemudian ke loudspeaker.

*1. Saluran telinga luar*
*2. Gendang telinga*
*3. Koklea*
*4. Tabung Eustachio*
*5. Saluran semusirkular*
*6. Martil, landasan, dan sanggurdi*
*7. Tingkap bundar*
*8. Tingkal oval*

**Gambar 14.14** Bagian-bagian telinga
**Sumber:** HDI Tubuh Manusia 112

### 3) Cepat rambat bunyi

Kilat dan guntur terjadi bersamaan tetapi kilat tampak terlebih dahulu dibanding gunturnya sampai ke pengamat. Ini menunjukkan bahwa laju cahaya dan bunyi tidak sama (laju cahaya lebih besar dibanding laju bunyi). Dan untuk menempuh jarak tertentu bunyi membutuhkan waktu.

Jarak yang ditempuh bunyi dibagi waktu tempuhnya disebut **laju bunyi**

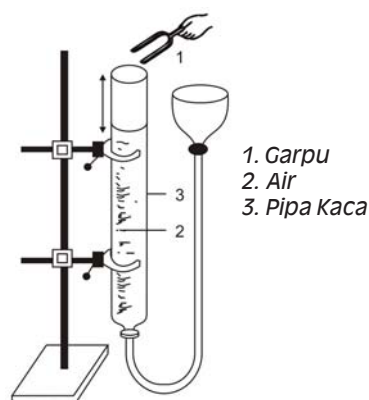
Dirumuskan: $$v = \frac{s}{t}$$

Dimana: $s$ = jarak tempuh (m)
$t$ = waktu tempuh (s)
$v$ = laju bunyi (m/s)

Selain dengan rumus tersebut, untuk mengukur laju bunyi, di udara dapat dilakukan dengan **teknik resonansi**.

Bila frekuensi garputala diketahui dan dengan resonansi panjang gelombang bunyi ($\lambda$) dapat dihitung, maka laju bunyi pada suhu udara setempat dapat dihitung dengan rumus:

$$v = f \cdot \lambda$$

Bila suhu ruangan diubah ternyata laju bunyi juga berubah (lihat tabel).



**Gambar 14.15** Resonansi untuk mengukur laju bunyi di udara

**Tabel 14.1 Laju bunyi di udara**

| Suhu udara | Laju bunyi |
|---|---|
| $0^oC$ | 331 m/s |
| $15^oC$ | 340 m/s |
| $20^oC$ | 343 m/s |
| $30^oC$ | 349 m/s |

Hasil itu menyatakan kepada kita bahwa:

**Semakin tinggi suhu udara, laju bunyi semakin besar**

Selain suhu, faktor lain yang menentukan laju bunyi adalah jenis mediumnya seperti tampak pada tabel berikut ini.

**Tabel 14.2 Laju bunyi pada berbagai medium pada suhu $20^oC$**

| Nama zat | Laju bunyi (m/s) | Nama zat | Laju bunyi (m/s) |
|---|---|---|---|
| Gas karbon | 267 | Aluminium | 5.000 |
| Gabus | 500 | Besi | 5.120 |
| Air | 1.446 | Timah | 1.190 |
| Kaca | 5.170 | Emas | 2.030 |

**Contoh soal:**

Pada suatu hari terlihat kilat, 5 sekon kemudian terdengar suara gunturnya. Bila laju bunyi di udara 340 m/s dan laju cahaya jauh lebih besar dari laju bunyi. Berapa jarak pendengar ke sumber guntur?

*Jawab:*

Waktu yang dibutuhkan cahaya dari sumbernya kilat ke pengamat $(t_1) = \frac{jarak}{laju}$

Karena laju cahaya sangat besar, maka $t_1$ dianggap 0 (nol). Sehingga waktu yang dibutuhkan bunyi dari sumber kilat ke pengamat $(t)$ = 10 sekon.

$s = v \times t$

$= 340 \times 5$

$s = 1.700$ m

Jadi jarak sumber kilat ke pengamat adalah 1.700 meter.

Faktor yang tidak memengaruhi laju bunyi di udara adalah **tekanan udara**. Berapa pun tekanan udara jika suhunya sama laju bunyi sama.

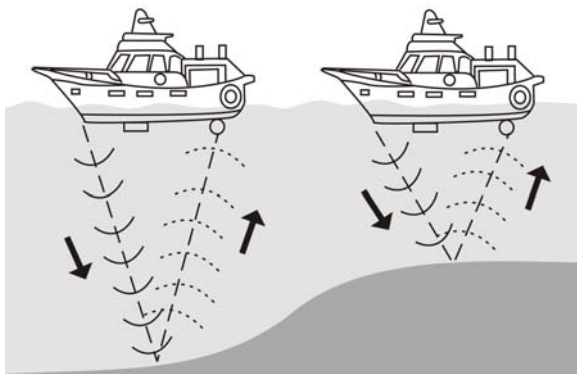
## 2. Bunyi yang dapat diterima manusia pada daerah frekuensi audio

Sebenarnya di lingkungan kita terdapat banyak variasi getaran, namun tidak semua getaran itu tertangkap oleh indra kita.

Manusia agar dapat hidup bahagia diberi batas kemampuan baik penglihatan maupun pendengarannya. Batas pendengaran telinga manusia untuk menerima bunyi antara frekuensi 20 Hz s.d. 20.000 Hz. Daerah frekuensi ini disebut **frekuensi audio** (frekuensi pendengaran).

Frekuensi di bawah 20 Hz tidak terdengar telinga normal dan disebut **frekuensi infrasonik**. Frekuensi lebih dari 20.000 Hz disebut **frekuensi ultrasonik** juga tidak terdengar telinga normal. Penggunaan ultrasonik dalam kehidupan yaitu sebagai berikut.

### *1) Mengukur dalamnya laut atau lokasi kawanan ikan*

Prinsipnya penggunaan ultrasonik untuk mengukur kedalaman laut atau lokasi kawanan ikan adalah dengan cara gelombang ultrasonik dipancarkan ke dasar laut kemudian pantulannya diterima kembali oleh sebuah pesawat penerima di kapal.

Gambar 14.16 Kapal mengukur dalamnya laut memakai gelombang ultrasonik

Jika dalamnya laut = $d$, waktu gelombang dipancarkan dan diterimanya kembali = $t$, maka waktu gelombang mencapai dasar laut = $t'$.

$$t' = \frac{t}{2} \quad \rightarrow \quad d = v \times t'$$

$$d = \frac{v \times t}{2}$$

Di mana $v$ = laju bunyi ultra di air laut (m/s)

$d$ = dalamnya laut (m)

$t$ = selang waktu pemancaran dan penerimaan kembali gelombang (sekon)

**Contoh soal:**

Bila laju gelombang ultrasonik adalah 1.500 m/s, selang waktu antara pemancaran dan penerimaan kembali gelombang tersebut adalah 4 sekon. Berapa dalamnya laut?

*Jawab:*

$v$ = 1.500 m/s

$t$ = 4 sekon

Dalamnya laut ($d$) $= \frac{v \times t}{2}$

$= \frac{1.500 \times 4}{2}$

$= 1.500 \times 2$

$= 3.000$ m

Jadi, dalamnya laut adalah 3.000 meter.

### 2) Ultrasonik untuk kesehatan

Gelombang ultrasonik digunakan pada bidang kesehatan dalam berbagai diagnosis. Pulsa gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi yang dihasilkan dikenakan langsung pada tubuh yang didiagnosis. Pemantulan pulsa gelombang terjadi jika gelombang mengenai batas dua jaringan yang **berbeda kerapatannya** (misalnya daging dengan tulang, daging dengan pembuluh darah yang berisi cairan).

Penelitian menggunakan ultrasonik dalam bidang kesehatan dapat untuk mengetahui:

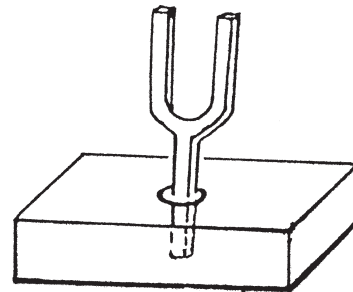
- Perkembangan janin sekaligus untuk mengetahui normal tidaknya kondisi janin.
- Gangguan pada hati, ginjal, otak, pankreas, pembuluh vulva jantung.
- Pendarahan dalam tubuh dideteksi lokasinya serta secara kasar dapat mengetahui kekurangan darah.

## 3. Nada dan desah

### a. Desah

Desah adalah bunyi yang frekuensi dan periodenya tidak beraturan. Contohnya bunyi yang dihasilkan air terjun, angin, ledakan petasan, bom dan lain-lain.

Alat musik seperti gitar, biola, piano dan lain-lain menghasilkan bunyi yang frekuensi dan periodenya teratur. Bunyi demikian disebut nada. Jadi nada adalah bunyi yang frekuensi dan periodenya teratur.

Garputala yang digetarkan menghasilkan frekuensi tetap, keras atau lemahnya bunyi tergantung bagaimana cara dan kekuatan memukulnya/menggetarkannya. Jadi garputala memiliki nada tertentu.

**Gambar 14.17** Garputala bergetar pada frekuensi yang tertentu dan tetap

### b. Nada

Dalam seni suara, kita mengenal simbol dan nama nada sebagai berikut

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nama nada | do | | re | | mi | | fa | | sol | | la | | si | | do |
| jarak nada | | 1 | | 1 | | $\frac{1}{2}$ | | 1 | | 1 | | 1 | | $\frac{1}{2}$ | |

Nada tersebut di atas belum diberi frekuensi sehingga nada do dapat dinyanyikan pada frekuensi berapa saja. Tetapi jika nada do frekuensinya telah ditentukan, maka frekuensi nada lain sudah tertentu pula. Nada yang digunakan pada seni musik adalah sebagai berikut.

| C | D | E | F | G | A | B | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| c | d | e | f | g | a | b | $c_1$ |
| $c_1$ | $d_1$ | $e_1$ | $f_1$ | $g_1$ | $a_1$ | $b_1$ | $c_2$ |

Dengan pengertian

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| c | : | C | = | 2 | : | 1 | (nada c satu oktaf di atas C atau nada C satu oktaf di bawah c). |
| $c_1$ | : | c | = | 2 | : | 1 | (nada $c_1$ satu oktaf di atas c atau nada c satu oktaf di bawah $c_1$). |
| $c_1$ | : | C | = | 4 | : | 1 | (nada $c_1$ dua oktaf di atas C atau nada C dua oktaf di bawah $c_1$) |

### c. *Perbandingan frekuensi atau interval nada*

Di bawah ini dicantumkan interval nada pada seni musik:

| c | d | e | f | g | a | b | $c_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 27 | 30 | 32 | 36 | 40 | 45 | 48 |

Artinya: e : c = 30 : 24
= 5 : 4
a : e = 40 : 30
= 4 : 3

Nada standar internasional adalah nada a, dengan frekuensi 440 Hz. Berdasarkan hal itu, maka frekuensi nada lain dapat ditentukan.

**Contoh:**

Hitung frekuensi nada:

1) c　　2) D　　3) $c_3$

*Jawab :*

Karena nada a = 440 Hz, maka nada:

1) e : a = 30 : 40
= 3 : 4

$$e = \frac{3}{4}a$$

$$= \frac{3}{4} \times 440$$

$$= 330 \text{ Hz}$$

Jadi nada e adalah 330 Hz

2) $A : a = 1 : 2$

$A = \frac{1}{2} \times a$

$= 220$ Hz

$D : A = 27 : 40$

$D = \frac{27}{40} \times A$

$= \frac{27}{\cancel{40}_{2}} \times \cancel{220}^{11}$

$= \frac{27}{40} \times 220$

$D = 148,5$ Hz

Jadi nada D adalah 148,5 Hz

3) $a_3 : a = 2^3 : 1$

$a_3 = 8a$

$= 8 \times 440$

$= 3.520$ Hz

$c_3 : a_3 = 24 : 40$

$3 : 5$

$5c_3 = 3a_3$

$c_3 = \frac{3}{5} a_3$

$= \frac{3}{\cancel{5}_{2}} \times 8 \times \cancel{440}^{88}$

$= 24 \times 88$

$= 2.112$ Hz

Jadi frekuensi nada $c_3$ adalah 2.112 Hz

Perbandingan nada-nada lainnya dengan nada c disebut **interval nada.**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | : | c | = | 27 | : | 24 | = | 9 | : | 8 | (sekunder) |
| e | : | c | = | 30 | : | 24 | = | 5 | : | 4 | (terts) |
| f | : | c | = | 32 | : | 24 | = | 4 | : | 3 | (kuart) |
| g | : | c | = | 36 | : | 24 | = | 3 | : | 2 | (kuint) |
| a | : | c | = | 40 | : | 24 | = | 5 | : | 3 | (sext) |
| b | : | c | = | 45 | : | 24 | = | 15 | : | 8 | (septime) |
| $c_1$ | : | c | = | 48 | : | 24 | = | 2 | : | 1 | (oktaf) |

Interval penting:

5 : 4 : 3 : 2 : 1

terts kuart kuint oktaf

**Contoh:**

Sebuah nada berfrekuensi 400 Hz, nada lain frekuensinya berapa jika nada itu:

a) terts b) kuint c) oktaf

*Jawab:*

a) $5 : 4 = x : 400$

$4x = 5 \cdot 400$

$x = 5 \cdot \frac{400}{4}$

$= 5 \cdot 100$

$x = 500$ Hz

b) $x : 400 = 3 : 2$

$2x = 400 \cdot 3$

$x = 600$ Hz

c) $x : 400 = 2 : 1$

$x = 800$ Hz

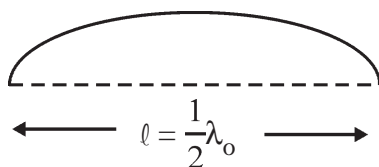
## d. Tinggi nada

Dalam seni suara, nyanyian dapat dinyanyikan dengan suara tinggi maupun suara rendah. Dua suara meskipun kerasnya (nyaringnya) sama, tetapi tinggi rendahnya dapat berbeda. Untuk memahaminya, petiklah dawai gitar yang paling besar, kemudian yang terkecil dengan petikan (amplitudo) sama. Ternyata dawai besar memberikan suara lebih rendah dibanding dawai kecil.

Selain dengan gitar, peristiwa itu dapat pula ditunjukkan dengan lidi yang digesekkan pada ruji-ruji sepeda yang diputar. Makin cepat putaran roda (frekuensi makin tinggi) bunyi yang dihasilkan makin tinggi, sebaliknya jika putaran roda makin lambat (frekuensinya makin rendah) bunyi yang dihasilkan juga semakin rendah).

Jika tinggi nada tergantung frekuensinya, makin tinggi frekuensi nadanya makin tinggi, frekuensi makin rendah nadanya makin rendah.

## e. Frekuensi getaran dawai

$\ell = \frac{1}{2}\lambda_o$

**Gambar 14.18** Setengah gelombang pada dawai

Dawai yang bergetar dengan bentuk seperti gambar di samping menghasilkan nada dasar.

Frekuensi nada dasar tergantung pada beberapa faktor:

- Sebanding dengan akar gaya/tegangan ($F$)
- Berbanding terbalik dengan panjang dawai ($\ell$)
- Berbanding terbalik dengan akar massa jenis dan luas penampang ($\rho$ dan $A$)

Dirumuskan oleh **Mersenne** sebagai berikut:

$$f_o = \frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$ atau $$f_o = \frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$ atau $$fo = \frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F\ell}{m}}$$

Di mana:

$\ell$ = panjang dawai

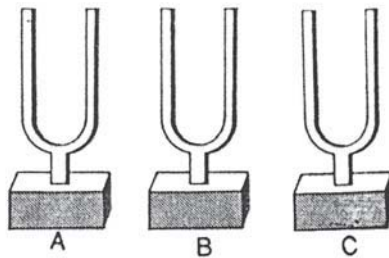
$\mu$ = massa dawai sepanjang 1 m

m = massa dawai sepanjang $\ell$

## 4. Resonansi

### a. Pengertian Resonansi

Resonansi terjadi jika sebuah benda bergetar karena pengaruh getaran benda yang lain. Lakukan percobaan berikut!

A B C

**Gambar 14.19** Garputala A dan B frekuensinya sama sedang C tidak sama

Perhatikan gambar 14.19 di samping!

Bila garputala B digetarkan ternyata A ikut bergetar, garputala C tidak bergetar, garputala A ikut bergetar lemah karena frekuensinya sama dengan B, sedang C tidak ikut bergetar karena frekuensinya tidak sama dengan B.

Perhatikan gambar 14.20!

Bila bandul A diayunkan ternyata bandul C dan E ikut berayun, tetapi B dan D tidak berayun, sedangkan jika bandul A, C, dan E diayunkan sendiri-sendiri, ia mempunyai **frekuensi sama**. Frekuensi ayunan B dan D berbeda dengan frekuensi A, C, dan E sehingga B dan D tidak berayun ketika A diayunkan.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa resonansi terjadi jika frekuensinya sama.

Berikut beberapa contoh peristiwa resonansi yang sering terjadi di sekitar kita.

1) Resonansi dapat terjadi pada benda yang mempunyai frekuensi tertentu. Misalnya garputala A berfrekuensi 440 Hz dapat beresonansi dengan getaran 440 Hz dan tidak dapat beresonansi dengan bunyi yang frekuensinya bukan 440 Hz.
2) Selaput genderang telinga manusia dapat beresonansi dengan frekuensi bunyi berapa saja, sehingga telinga kita dapat mendengarkan bunyi dengan frekuensi sembarang. (20 - 20.000 Hz).
3) Kolom udara dengan panjang L seperti tampak pada gambar dapat beresonansi dengan garputala.

Gambar 14.20 Bandul A, C dan E sama, sedang B dan D tidak sama

Jika garputala digetarkan, udara dalam kolom akan ikut bergetar (beresonansi), dengan syarat:

Gambar 14.21 Resonansi bunyi

Bila $L = \frac{1}{4}\lambda; \frac{3}{4}\lambda$ ....

$= $ kelipatan gasal dari $\frac{1}{4}\lambda$

Resonansi terjadi jika:

frekuensi garputala = frekuensi kolom udara

**Contoh soal:**

1. Garputala dengan frekuensi 1.600 Hz di atas kolom udara dalam tabung (udara berada di atas air). Bila kecepatan bunyi di udara 320 $ms^{-1}$, berapa panjang kolom udara minimal agar udara beresonansi terhadap garputala?

   Jawab : panjang kolom udara minimum ($L_{min}$)

$$L_{min} = \frac{1}{4}\lambda \rightarrow \lambda = \frac{v}{f_{kol\ ud}} \rightarrow f_{kol\ ud} = f_{garp}$$

$$L_{min} = \frac{1}{4} \times \frac{v}{t}$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{320}{1.600}\ m$$

$$= 5\ cm$$

2. Sebuah garputala, bergetar di atas kolom udara dengan frekuensi 320 Hz. Berapa panjang kolom udara agar terjadi resonansi ke 1, 2, dan 3, bila kecepatan bunyi di udara 320 $ms^{-1}$?

Jawab : $\lambda = \frac{v}{f}$

$= \frac{320}{320}$

$= 1$ m

Resonansi pertama terjadi jika, $L_1 = \frac{1}{4}\lambda$

$= \frac{1}{4} \times 100$

$= 25$ cm

Resonansi kedua terjadi jika, $L_2 = 3 \times \frac{1}{4}\lambda$

$= 3 \times 25$

$= 75$ cm

Resonansi ketiga terjadi jika, $L_3 = 5 \times 25$

$= 125$ cm

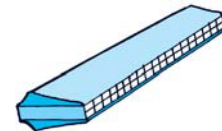
## b. Resonansi pada beberapa sumber bunyi

### 1) Gitar dan sejenisnya

Kotak gitar dibuat berlubang agar berisi udara. Bila senar dipetik udara dalam kotak ikut bergetar. Resonansi udara ini memperkuat bunyi yang dihasilkan oleh getaran senar.

**Gambar 14.22** Gitar

### 2) Harmonika

Di dalam harmonika terdapat ruang yang berisi udara. Bila harmonika ditiup maka udara yang berada di dalam ruang itu ikut bergetar. Dengan demikian bunyi menjadi lebih kuat.

**Gambar 14.23** Harmonika

### 3) Kentungan

Lubang kentungan memungkinkan terbentuknya kolom udara. Jika kentungan dipukul udara dalam kentungan beresonansi sehingga bunyi makin kuat.

**Gambar 14.24** Kentungan

### 4) *Seruling*

Bila lubang A ditiup, maka kolom udara dalam seruling beresonansi sehingga timbul bunyi yang diperkuat.

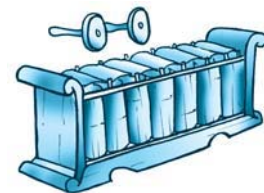
**Gambar 14.25** Seruling

### 5) *Kendang/beduk*

Kendang berupa tabung yang kedua ujungnya ditutup kulit hewan. Sehingga terbentuk kolom udara. Bila kendang dipukul/ditabuh kolom udara ikut bergetar sehingga memperkuat bunyi.

**Gambar 14.26** Kendang

### 6) *Gender*

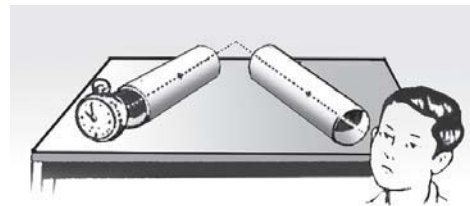
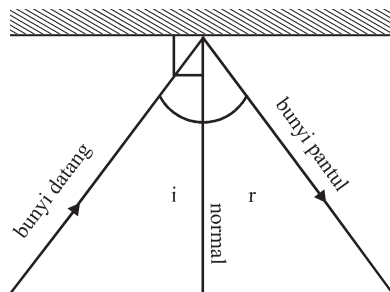
Bilah-bilah gender bergetar jika dipukul. Getaran bilah diperkuat oleh kolom udara dalam tabung di bawah bilah. Bunyi diperkuat oleh resonansi kolom udara tersebut.

**Gambar 14.27** Gender

## 5. Pemantulan bunyi

Coba kamu ingat bagaimana gelombang air yang menyentuh tepi kolam? Memantul bukan? Karena bunyi juga gelombang, jika mengenai dinding misalnya lereng gunung, atau hutan yang lebat maka akan dipantulkan juga.

### a. *Hukum pemantulan bunyi*

Menurut percobaan yang dilakukan dengan cara saksama, ternyata pada pemantulan bunyi berlaku **Hukum Pantulan Bunyi** sebagai berikut.

1) Bunyi datang, garis normal dan bunyi pantul terletak pada satu bidang datar.
2) Sudut datang (i) sama besar dengan sudut pantul (r).

**Gambar 14.28** Percobaan pemantulan bunyi



**Gambar 14.29** Sudut datang (i) dan sudut pantul (r) sama besar

## b. Macam-macam bunyi pantul

Bunyi pantul dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

### 1) Bunyi pantul yang memperkuat bunyi asli

Kereta api yang memasuki terowongan tiba-tiba bunyinya bertambah kuat. Bertambah kuatnya bunyi ini tidak lain disebabkan oleh adanya bunyi yang dipantulkan oleh dinding-dinding terowongan. Bunyi pantul hampir bersamaan dengan bunyi asli sehingga bunyi asli bertambah kuat.

Bunyi pantul dapat memperkuat bunyi asli jika jarak sumber bunyi dan dinding pemantul tidak terlalu jauh. Sehingga dapat kita simpulkan bahwa kuat bunyi yang terdengar tergantung dari hal-hal berikut:

a) Amplitudo sumber bunyi,
b) Jarak antara sumber bunyi dan pendengar,
c) Resonansi,
d) Adanya dinding pemantul (reflektor).

### 2) Gaung atau kerdam

Gaung terjadi bila bunyi pantul hanya sebagian yang bersamaan dengan bunyi asli (jarak sumber bunyi ke pendengar berbeda sedikit dengan jarak pendengar ke pemantul ke sumber bunyi). Gaung mengakibatkan bunyi pantul itu mengganggu bunyi asli.

**Contoh:**

bunyi asli : ke - du - a
bunyi pantul : ke - du - a
terdengar : ke .......... a

Tiga suku kata terdengar empat suku kata di mana suku kata ke-2 dan ke-3 terdengar tidak jelas.

Untuk menghindarkan terjadinya gaung pada ruang pertemuan yang besar dindingnya dilapisi dengan zat peredam bunyi, seperti kain wool, gabus, karet busa, kapas, karton dan lain-lain. Ruangan besar tanpa adanya gaung disebut ruang yang **akustiknya baik**.

### 3) Gema

Jika bunyi pantul datangnya sesudah bunyi asli selesai diucapkan, bunyi pantul demikian dinamakan **gema**. Gema terjadi bila jarak dinding pantul jauh.

Apabila dalam satu detik dapat diucapkan 10 suku kata, maka untuk mengucapkan satu suku kata dibutuhkan waktu $\frac{1}{10}$ detik.

**Gambar 14.30** Bunyi pantul (gema)

Untuk mendapatkan gema dari satu suku kata, bunyi pantul harus datang secepat-cepatnya sesudah $\frac{1}{10}$ detik, yaitu sesudah suku kata itu selesai diucapkan.

Jarak yang ditempuh bunyi selama itu 340 m/detik $\times \frac{1}{10}$ detik = 34 m, jarak itu ditempuh pulang pergi. Jadi, jarak dinding pemantul dari sumber bunyi = $\frac{1}{2} \times$ 34 m = 17 m.

Pantulan bunyi digunakan juga untuk mengukur dalamnya laut, dengan memasang **osilator** (sumber getaran) dan alat penerima getaran (**hidrofon**) yang dipasang berdekatan pada bagian bawah kapal. Manfaat pemantulan bunyi adalah untuk:

a) Mengukur laju bunyi di udara.
b) Mengukur dalamnya gua atau laut, prinsipnya sama dengan mengukur dalamnya laut dengan gelombang ultrasonik.

## D. Sifat-Sifat Cahaya dan Hubungannya dengan Berbagai Alat-Alat Optik

### 1. Perambatan Cahaya menimbulkan Bayang-Bayang

#### a. *Cahaya merambat lurus*

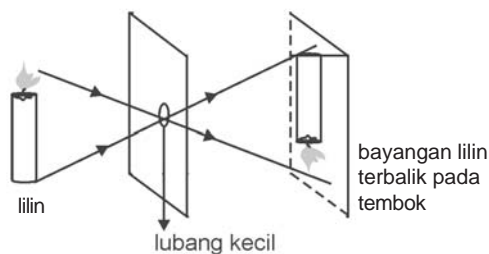
Benda gelap (tidak tembus cahaya) seperti kertas tampak oleh mata manusia karena memantulkan cahaya yang kemudian diterima mata. Benda tampak hijau karena memantulkan cahaya hijau ke mata pengamat. Benda tampak hitam karena tidak ada cahaya yang dipantulkan benda tersebut ke mata.

Benda tembus cahaya seperti plastik dapat dilihat mata melalui sinar pantulnya atau sinar yang diteruskannya. Benda tembus cahaya berwarna kuning, memantulkan cahaya kuning dan juga meneruskan cahaya kuning. Sehingga mata yang menerima sinar pantulnya atau sinar terusannya menerima kesan benda itu berwarna kuning.

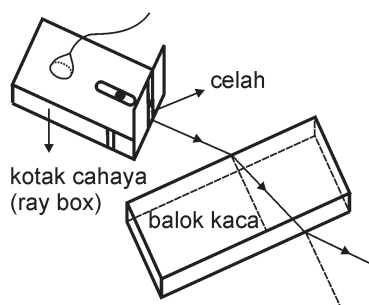


**Gambar 14.31** Telau cahaya pada tembok jari-jarinya lebih besar dari jari-jari kaca baterai

Bila lampu baterai ditutup plastik kuning disorotkan ke tembok warna putih, maka dapat kita lihat telau yang berwarna kuning pada tembok.

Lakukan kegiatan ini di ruang gelap dengan peralatan lilin yang menyala, karton/papan kayu yang dilubangi!

Gambar 14.32 Bayangan lilin yang dibentuk celah

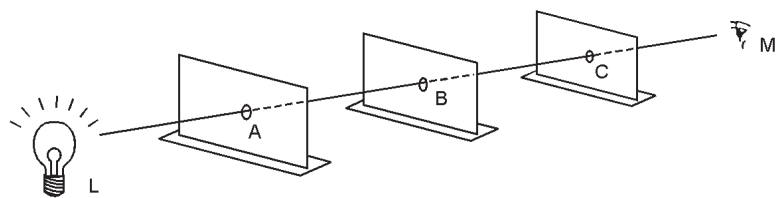
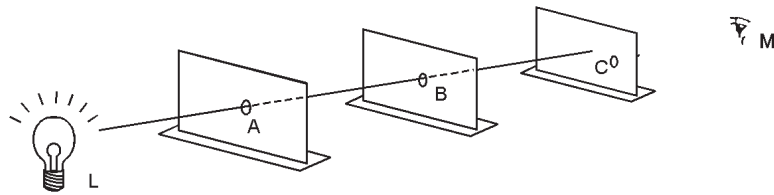
Bayangan lilin tampak terbalik pada tembok, bila karton digeser mendekati lilin bayangan makin besar, sebaliknya jika karton digeser mendekati tembok bayangan lilin pada tembok makin kecil. Hal ini hanya mungkin terjadi jika cahaya merambat lurus.

Jika kita lewatkan berkas cahaya/sinar melalui celah sempit kemudian diarahkan ke balok kaca/akuarium diisi air, cahaya tampak merambat lurus.

**Gambar 14.33** Sinar dari kotak cahaya, di luar dan di dalam balok merambat lurus

Baik di dalam maupun di luar, balok kaca, cahaya merambat lurus. Silahkan Anda coba! Jika di sekolah tidak ada kotak cahaya, gantilah dengan baterai dan celah dapat Anda buat menggunakan karton.

## Mari Bereksperimen

Lakukan kegiatan berikut!

Alat dan bahan : lampu<br>kertas karton

(a) Lubang A, B, dan C segaris lurus, mata M dapat melihat lampu L

(b) Lubang A, B, dan C tidak segaris lurus, mata M tidak dapat melihat lampu L

Langkah kerja :

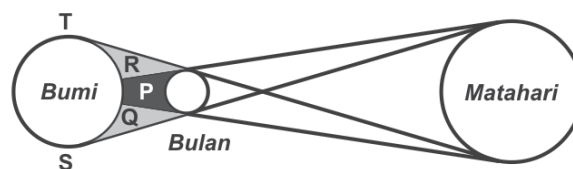
1. Susunlah alat seperti gambar 14.34 (a)
2. Dapatkah kamu melihat berkas cahaya lampu melalui lubang C?
3. Susunlah alat seperti gambar 14.34 (b).
4. Dapatkah kamu melihat berkas cahaya yang melalui lubang C?
5. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan di atas!

## c. Bayang-bayang

Bila sinar datang pada benda gelap, maka di belakang benda terbentuk ruang gelap yang dinamakan *bayang-bayang*. Bila ruang gelap itu ditangkap layar, maka bidang gelap yang terbentuk itu pun juga disebut bayang-bayang.

Bayang-bayang umbra dibentuk oleh sinar-sinar yang merupakan garis singgung luar benda tersebut. Bayang-bayang kabur terbentuk oleh sinar-sinar yang merupakan garis singgung dalam benda-benda tersebut.

**Gambar 14.34** Umbra dan penumbra

Bayang-bayang yang cukup kita kenal adalah bayang-bayang saat terjadi gerhana bulan atau gerhana matahari.

**Gambar 14.35** Gerhana matahari

**Tabel 14.3 Kedudukan umbra dan penumbra**

| Kedudukan pengamat | Berada pada bayang-bayang | Jenis gerhana |
|---|---|---|
| P | Umbra (inti) | Total |
| Q | Penumbra | Sebagian |
| R | Penumbra | Sebagian |
| S | Tidak ada | Tidak terjadi |
| T | Tidak ada | Tidak terjadi |

## 2. Pemantulan Cahaya

### a. *Hukum pemantulan*

Telah kamu ketahui bahwa cermin datar memantulkan cahaya yang datang padanya. Di samping ini adalah gambar pemantulan sinar oleh cermin datar.

**Gambar 14.35** Pemantulan pada sebuah cermin datar

Sinar dari kotak cahaya yang ditutup dengan celah tunggal diarahkan ke cermin datar, sinar mengalami pemantulan seperti gambar di samping.

Dengan melakukan kegiatan menggunakan kotak cahaya, cermin datar dan busur derajat didapat data sebagai berikut.

cermin datar
i
r
normal
ray box

**Gambar 14.37** Pemantulan oleh cermin datar

Tanda x tempat jarum ditancapkan untuk menyatakan sinar datang dan sinar pantul, kemudian dibuat normal sehingga sudut datang dan sudut pantul dapat diukur. Bila sudut datang diubah dengan cara mengubah posisi kotak cahaya, sudut pantul juga berubah. Lihat tabel di bawah ini.

**Tabel 14.4 Pemantulan pada cermin datar**

| Kegiatan nomor | Sudut datang *(i)* | Sudut pantul *(r)* |
|---|---|---|
| 1 | $15^o$ | $15{,}1^o$ |
| 2 | $20^o$ | $20{,}1^o$ |
| 3 | $30^o$ | $30{,}2^o$ |
| 4 | $45^o$ | $45^o$ |
| 5 | $60^o$ | $60{,}2^o$ |

Dari tabel di atas, kita ketahui ada beberapa data yang sudut datang dengan sudut pantulnya berbeda sangat kecil, ini dapat terjadi karena kekurangsempurnaan alat dan pengamatan (kesalahan pengamat). Jika kesalahan dapat kita perkecil serendah mungkin tentunya kita dapatkan:

**Sudut datang (*i*) = Sudut pantul (*r*)**

Selain itu ternyata sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.

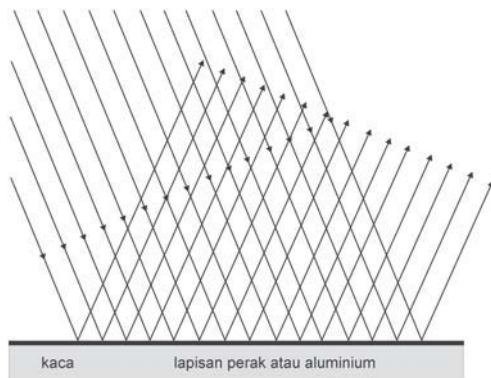
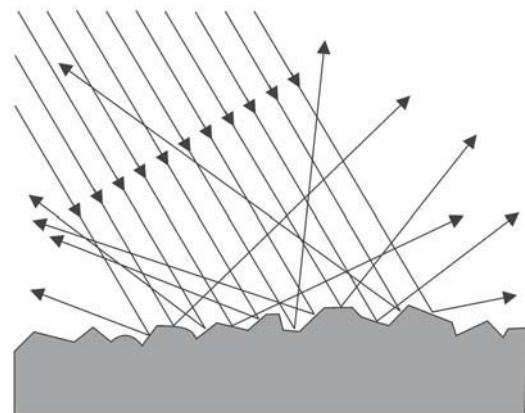
**Hukum Pemantulan:**

1. Sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang, sama besar dengan sudut pantul.

## b. Pemantulan teratur dan baur (tidak teratur)

Mengapa ada benda yang jika disinari tampak menyilaukan dan ada yang tidak? Apabila benda-benda seperti cermin datar, perak datar, air yang tenang disinari dengan sinar matahari, maka sinar-sinar dipantulkan dalam arah yang sama sehingga tampak berkilauan. Pemantulan demikian dinamakan **pemantulan teratur**.

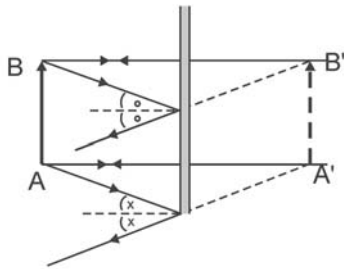
Kemudian, coba sinarilah kertas putih, apakah kertas tampak berkilauan? Ternyata tidak, berarti tidak semua sinar pantul sama arahnya. Pemantulan demikian disebut **pemantulan baur atau difus** (tidak teratur).

kaca
lapisan perak atau aluminium

**Gambar 14.38** Pemantulan teratur pada cermin datar

**Gambar 14.39** Pemantulan baur pada kertas sehingga kertas tampak suram

Pemantulan teratur umumnya terjadi pada permukaan yang rata seperti pada cermin yang bersih. Sedangkan pemantulan baur umumnya terjadi pada permukaan yang tidak rata seperti pada cermin yang kotor.

## 3. Bayangan yang dibentuk oleh sinar pantul

Jika sebuah benda mendapat penyinaran yang sinarnya diarahkan ke cermin datar (pemantul), maka sinar-sinar pantul atau perpanjangannya berpotongan membentuk sebuah bayangan. Bayangan yang dibentuk oleh perpotongan sinar pantul, berada di depan permukaan pemantul dan merupakan bayangan nyata. Bayangan yang dibentuk oleh perpotongan perpanjangan sinar pantul disebut **bayangan maya**, berada di belakang pemantul.

Dengan hukum pemantulan sudut datang (i) sama besar dengan sudut pantul (r), maka kita dapatkan bayangan benda AB yaitu A′ B′, bersifat maya, tegak, sama besar.

**Gambar 14.40** Pembentukan bayangan oleh cermin datar.

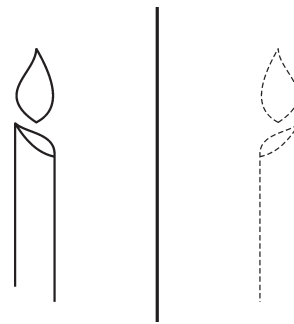
**Gambar 14.41** Cermin datar digunakan untuk bercermin

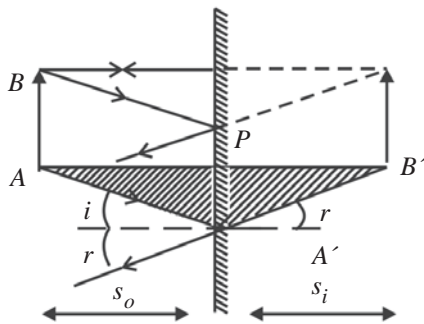
## 4. Cermin Datar

Cermin datar dapat memantulkan hampir seluruh sinar-sinar yang datang.

### *a. Lakukan pengamatan*

1) Bagaimana tinggi bayangan yang Anda amati dibanding tinggi bendanya?
2) Bayangan lilin tersebut dapatkah ditangkap dengan layar?
3) Bayangan apakah yang tidak dapat ditangkap dengan layar?
4) Tegak atau terbalik bayangan lilin tersebut?

Dari kegiatan itu didapat kesimpulan bahwa bayangan yang dibentuk cermin datar dari sebuah benda di depan cermin bersifat: maya, tegak, sama besar.

**Gambar 14.42** Bayangan sebuah lilin

## b. *Hubungan jarak benda dan jarak bayangan*

Gambar 14.43 Bayangan yang dibentuk cermin datar

Kedua segitiga yang diarsir sama dan sebangun (kongruen), sehingga AP = PA′.

Karena A′B′ bayangan maya, maka $S_i$ dinilai negatif, sehingga:

$$s_o = -s_i$$

atau

jarak benda = jarak bayangan

Karena jarak benda nyata bertanda positif dan jarak bayangan maya negatif, maka di depan $S'$ harus diberi tanda **negatif**.

# 5. Cermin Cekung

Perhatikan gambar 14.44. Cermin ini, bagian permukaan cekungnya yang memantulkan sinar.

## a. *Titik api dan jalannya sinar istimewa*

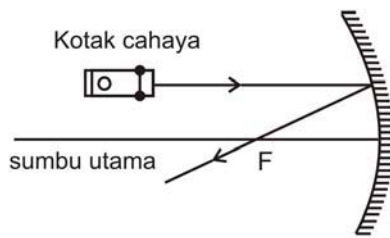
Karena jarak bumi-matahari sangat jauh maka, sinar matahari sampai di permukaan bumi arahnya sejajar. Jika sinar matahari mengenai cermin cekung kemudian sinar pantulnya diarahkan ke kertas putih dengan menggeser kertas putih tersebut menjauhi atau mendekati cermin pada suatu saat diperoleh titik terang yang merupakan perpotongan sinar-sinar pantul. Titik tersebut dinamakan titik api (fokus). Mengapa disebut titik api? Karena di titik tersebut bila dalam waktu yang lama kita letakkan kapas, kapas dapat terbakar (timbul api).

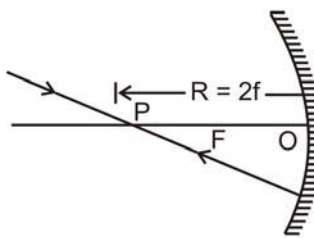
Gambar 14.44 Titik api cermin cekung

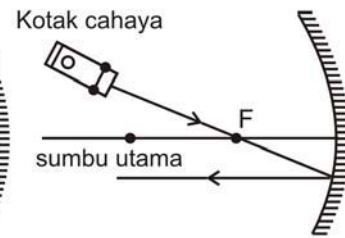
Jika akan melakukan kegiatan matahari tidak tampak, gunakan kotak cahaya sebagai penggantinya. Untuk menghasilkan berkas sejajar gunakan penutup kotak cahaya yang bercelah dua atau tiga.

Bila kotak cahaya ditutup dengan penutup bercelah tunggal dapat ditunjukkan jalannya sinar istimewa pada cermin cekung sebagai berikut:

Lakukan pengamatan untuk memahami jalannya sinar istimewa pada cermin cekung.

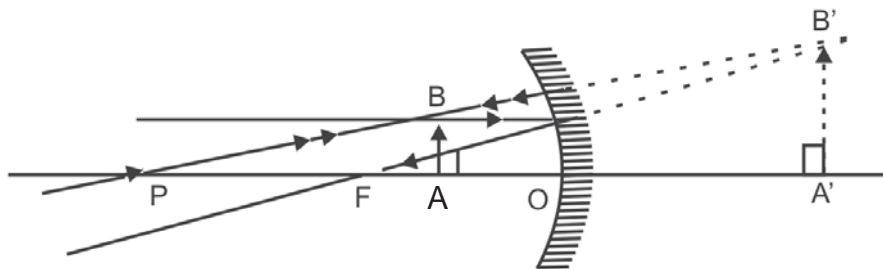
Kotak cahaya
sumbu utama
F

**Gambar 14.45a** Sinar sejajar utama dipantulkan melalui fokus

R = 2f
P
F
O

**Gambar 14.45b** Sinar melalui pusat kelengkungan cermin dipantulkan kembali lewat pusat kelengkungan (P) tersebut

Kotak cahaya
F
sumbu utama

**Gambar 14.45c** Sinar melalui fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.

## b. Pembentukan bayangan pada cermin cekung

### 1) Benda di antara O dan F (di ruang I)

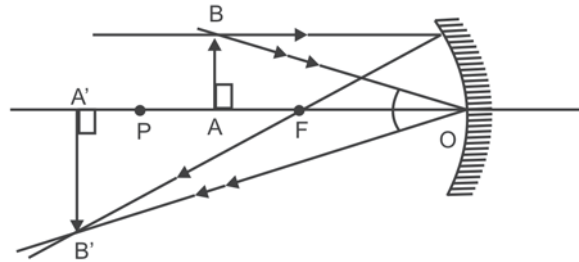
B'
B
P
F
A
O
A'

**Gambar 14.46a** *Bayangan benda di ruang I belakang cermin (maya, tegak, diperbesar)*

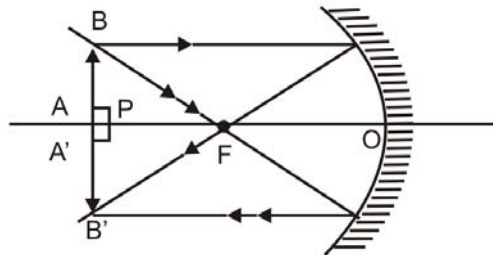
- Dari ujung B sinar yang sejajar sumbu utama dipantulkan melalui fokus.
- Sinar yang melalui P dan lewat ujung B dipantulkan kembali ke P.
- Perpanjangan sinar pantul yang melalui F dan yang melalui P berpotongan di B′. Titik B′ inilah titik bayangan ujung B, kita sebut bayangan maya.
- Sumbu utama kita perpanjang ke belakang cermin dan dari B′ kita tarik garis tegak lurus perpanjangan sumbu utama kita dapatkan A′. A′ adalah bayangan maya dari A.
- Garis A′B′ adalah bayangan maya garis AB.

Benda di antara O dan F sifat bayangannya : **maya, tegak, diperbesar**.

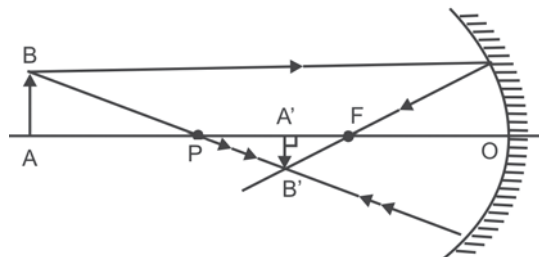
### 2) Benda di antara P dan F (fokus) atau di ruang II

- Sinar sejajar sumbu utama dipantulkan melalui fokus.
- Sinar menuju vertex (O) dipantulkan dengan sudut pantul = sudut datang.

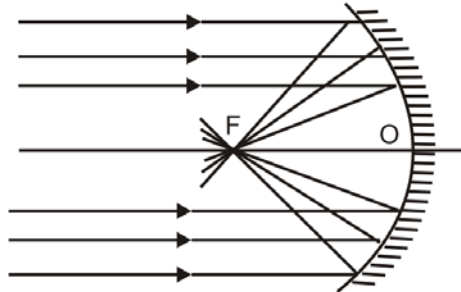
- Sinar pantul berpotongan di B′ (di depan cermin) A′B′ bayangan nyata, diperbesar, terbalik
- Jarak bayangan ($s'$) > jarak benda ($s$)

Gambar 14.46b Bayangan dari sebuah benda di antara P dan F

### 3) Benda di pusat kelengkungan (P)

Gambar 14.46c Bayangan dari benda yang berada di titik P

- Sinar sejajar sumbu utama dipantulkan melalui fokus utama ($F$).
- Sinar melalui fokus utama ($F$) dipantulkan sejajar sumbu utama.
- Sinar pantul berpotongan di depan cermin (bayangan nyata).
- Sifat bayangan: nyata, terbalik, sama besar dengan bendanya ($s' = s$)
- Benda pada pusat kelengkungan, bayangan juga berada pada pusat kelengkungan.

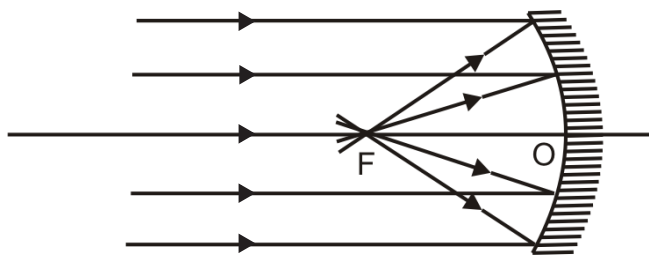
### 4) Benda berada di antara P dan ~

Gambar 14.46d Benda di ruang III, bayangan di ruang II

- Sinar sejajar sumbu utama dipantulkan melalui fokus utama (*F*).
- Sinar melalui *P* dipantulkan kembali ke *P*.
- Sinar pantul berpotongan di depan cermin (sinar pantul konvergen), bayangan nyata.
- Jarak benda > jarak bayangan
- Sifat bayangan: **nyata, terbalik, diperkecil**

### 5) Benda di tak terhingga (sinar datang pada cermin arahnya sejajar)

**Gambar 14.46e** *Pembentukan bayangan sinar sejajar sumbu utama*

- Sinar yang sejajar datang pada cermin cekung sejajar sumbu utama dipantulkan sehingga berpotongan pada suatu titik yang disebut titik api utama (*F*), bayangan pada fokus.
- Bila sinar sejajar datang pada cermin tidak sejajar sumbu utama, maka sinar itu dipantulkan dan berpotongan pada titik api tambahan.
- Titik api tambahan terletak pada sumbu tambahan (yaitu perpotongan sumbu tambahan yang sejajar sinar datang dengan bidang api).

**Keterangan:** Bidang api yaitu bidang datar yang tegak lurus sumbu utama melalui fokus utama cermin/lensa

### 6) Benda berada di fokus cermin (s=f)

**Gambar 14.46f** Bayangan di fokus

Lukisan pembentukan bayangan pada cermin cekung dapat dirangkum sebagai berikut.

**Tabel 14.5 Posisi benda dan bayangan benda pada cermin cekung**

| No. | Benda | Sifat bayangan | Letak bayangan |
|---|---|---|---|
| a. | Di tak terhingga (nyata, tegak) | **Nyata, terbalik, diperkecil** | Di depan cermin (pada fokus) |
| b. | Di titik api (F) (nyata, tegak) | **Maya, tegak, diperbesar** | Di belakang cermin (di ~) |
| c. | Di antara O dan F (nyata, tegak) | **Maya, tegak, diperbesar** | Di belakang cermin |
| d. | Di antara C dan F (nyata, tegak) | **Nyata, terbalik, diperbesar** | Di depan cermin |
| e. | Di titik C (nyata, tegak) | **Nyata, terbalik, sama besar** | Di depan cermin |
| f. | Di depan cermin lebih dari 2f (nyata, tegak) | **Nyata, terbalik, diperkecil** | Di depan cermin |

## c. Kegunaan cermin cekung

1) Sebagai reflektor lampu mobil, lampu baca dan lain-lain.
2) Sebagai reflektor slide proyektor dan bioskop.
3) Sebagai reflektor tungku matahari.
4) Untuk memeriksa lubang gigi yang sakit.

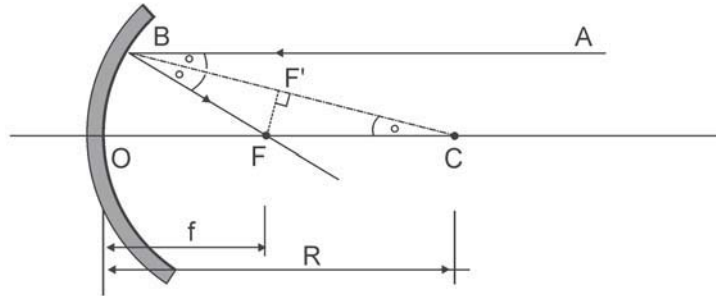
## d. Hubungan antara jarak titik api cermin dengan jari-jari kelengkungan cermin

### 1) Pada cermin cekung

- Jari-jari kelengkungan cermin dilambangkan dengan $R$ bernilai positif, sebab pusat kelengkungan berada di depan cermin ( $R$ = jarak $O$ ke $P$)
- Jarak titik api cermin dilambangkan dengan huruf $f$ juga bernilai positif ($f$ = jarak $O$ ke $F$)

Hubungan antara $f$ dan $R$ sebagai berikut:

## a) Sinar paraksial

Sinar sejajar sumbu utama tidak seluruhnya dipantulkan melalui fokus utama cermin cekung, tetapi sinar tepi dipantulkan lebih kuat (lihat gambar). Sinar sejajar yang jatuh di sekitar O sajalah yang dipantulkan melalui F. Sinar sejajar sumbu utama yang dipantulkan melalui F itulah yang disebut **sinar paraksial**.

**Gambar 14.47** Jarak titik api cermin dan jari-jari kelengkungan

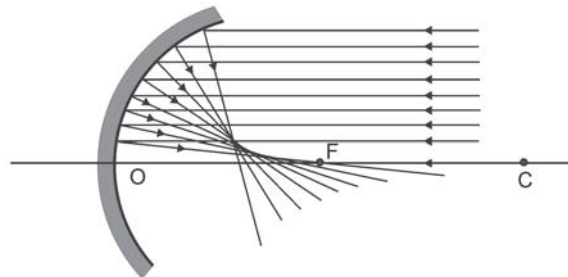
Bila B dekat sekali dengan O, maka AB sinar paraksial dan dipantulkan melalui *f* di mana ∠ ABC = ∠ FBC = ∠ BCF (sudut yang sangat kecil), akibatnya:

- BF = FC
- BF dianggap = OF = *f*

Karena itu: OC = OF + FC

$$R = f + f \rightarrow f = \frac{1}{2} R$$

## b) Kesalahan lengkung

- Sinar-sinar pantul berpotongan membentuk garis lengkungan (garis kaustik) kesalahan pembentukan bayangan karena adanya sinar tepi yang dipantulkan lebih kuat disebut kesalahan lengkung.

**Gambar 14.48** Aberasi sferik

- Kesalahan lengkung dihilangkan dengan diafragma (lubang kecil yang meneruskan sinar dekat titik O).

### 2) Pada cermin cembung

$$f = \frac{1}{2} R$$

hanya saja $R$ bernilai **negatif**, sehingga $f$ juga bernilai **negatif**.

### 3) Pada cermin datar

$$f = \frac{1}{2} R, \quad \text{di mana } R = \sim x \rightarrow \quad f = \sim x$$

## e. Hubungan antara jarak fokus, jarak benda dan jarak bayangan pada cermin cembung dan cekung

Hubungan antara jarak fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada cermin cembung dan cermin cekung adalah sebagai berikut.

1) *Jarak benda*, yaitu jarak benda ke vertex (O), diberi notasi $s$.
   - Jarak benda **nyata** dinilai **positif**, sedangkan jarak benda **maya** dinilai **negatif**.
   - Benda dikatakan **nyata** bila sinar dari benda ke cermin arahnya **menyebar** (di depan cermin).
   - Benda dikatakan **maya**, bila sinar dari benda ke cermin arahnya **mengumpul** (di belakang cermin).

2) *Jarak bayangan*, yaitu jarak bayangan ke vertex (O) diberi notasi $s'$.
   - Jarak bayangan **nyata** dinilai **positif** , sedangkan jarak bayangan **maya** dinilai negatif.
   - Bayangan disebut **nyata** bila bayangan dibentuk oleh sinar **pantul konvergen**, terbentuk di depan cermin.
   - Bayangan disebut **maya** bila bayangan dibentuk oleh **sinar pantul divergen** (menyebar), terbentuk di belakang cermin.

   Hubungan antara $f$, $s$ dan $s'$ dicari dengan percobaan sebagai berikut:

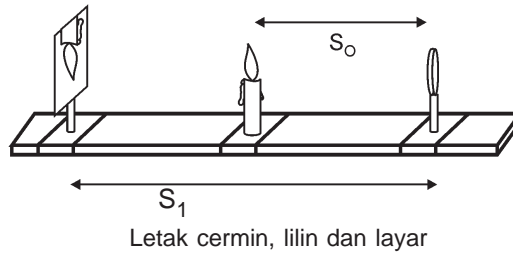
## Mari Bereksperimen

**Alat percobaan:**

- Meja optik dilengkapi dengan penggaris 1 meter.
- Cermin cekung
- Lilin sebagai sumber cahaya
- Layar

$s_o$

$S_1$

Letak cermin, lilin dan layar

**Langkah kerja:**

1. Dengan mengatur letak cermin cekung, lilin dan layar seperti gambar di atas, maka didapat bayangan lilin pada layar yang paling tajam.
2. Mengukur jarak titik api cermin menggunakan sinar matahari misal didapat $f$ = 10 cm
3. Menentukan jarak benda $s$ = 15 cm
4. Menggeser layar sehingga didapat bayangan tajam pada layar diukur jarak layar ke cermin = 30 cm ($s'$ = 30 cm)
5. Dengan mengubah harga $s$ yang berbeda-beda, maka didapat harga $s'$ yang berbeda-beda pula dan dimasukkan dalam tabel.

**Tabel Data pengamatan**

| No. Perc. | Hasil Pengukuran | | Perhitungan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Jarak Benda ($s$) | Jarak Bayangan ($s'$) | $\frac{1}{s}$ | $\frac{1}{s'}$ | $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ |
| 1. | 15 cm | 30 cm | 0,0667 | 0,0333 | 0,100 |
| 2. | 20 cm | 20 cm | 0,050 | 0,050 | 0,100 |
| 3. | 25 cm | .... cm | .... | .... | 0,100 |
| 4. | 30 cm | .... cm | .... | .... | 0,100 |
| 5. | 35 cm | 12,2 cm | 0,028 | 0,082 | 0,110 |

Ternyata dari pengamatan didapat hasil bahwa $\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$ cenderung merupakan bilangan tetapi ($k$) yang sama dengan 0,100. Bilangan k tersebut = $\frac{1}{f}$ = 0,100

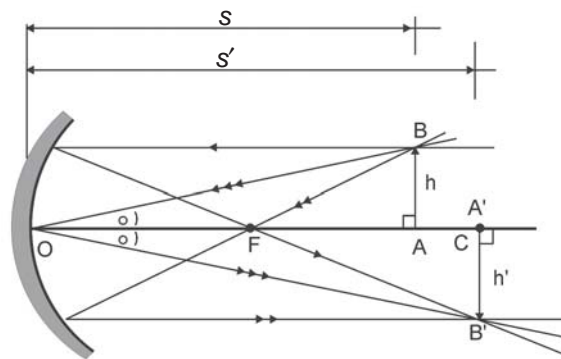
Jadi kita dapat mengambil kesimpulan bahwa:

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'} = \text{konstan}$$

$$= k$$

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}$$

### 3) Perbesaran bayangan

Perhatikan gambar berikut ini!



**Gambar 14.49** Pembentukan bayangan

Perbesaran bayangan ($m$) didefinisikan sebagai perbandingan tinggi bayangan ($h'$ ) dengan tinggi benda ($h$):

$$m = \frac{h'}{h}$$

Bila bayangan atau benda tegak, $h'$ atau h dinilai positif, maka bayangan atau benda yang terbalik dinilai negatif.

Perbesaran juga dapat dinyatakan dengan $s$ dan $s'$ sebagai berikut:

$\Delta$ OAB ~ $\Delta$OA´ B´, sehingga $\frac{h'}{h} = -\frac{s'}{s}$

Jadi, $m = \frac{h'}{h} = -\frac{s'}{s}$

m > 0, bila bayangan tidak terbalik terhadap bendanya.

m < 0, bila bayangan terbalik terhadap bendanya.

|m| > 1, bayangan diperbesar.

|m| < 1, bayangan diperkecil.

**Contoh soal:**

1. Diketahui cermin cekung mempunyai jari-jari kelengkungan 40 cm. Tentukan sifat bayangan dari sebuah benda tegak yang terletak 30 cm di depan cermin!

   *Diketahui:* $R = 40$ cm

   $s = 30$ cm

   *Ditanyakan*: sifat bayangan?

   *Jawab:* $\Rightarrow f = \frac{1}{2} R$

   $= \frac{1}{2} \times 30 = 20$ cm

   $\Rightarrow \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$

   $\frac{2}{10} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{20}$

   $\frac{1}{s'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30}$

   $= \frac{3-2}{60}$

   $= \frac{1}{60} \rightarrow$ $s' = 60$ cm

   $s'$ positif, bayangan nyata di depan cermin.

   $\Rightarrow m = -\frac{s'}{s}$

   $= -\frac{60}{30} \rightarrow m = -2$ kali

   Bayangan diperbesar karena harga mutlak m lebih besar dari 1, terbalik sebab $m < 0$.

   Jadi sifat bayangan: nyata, di depan cermin, diperbesar, terbalik.

2. Sebuah cermin cekung membentuk bayangan nyata yang terletak pada jarak 40 cm dari cermin cekung yang jari-jari kelengkungannya 60 cm. Di mana dan pada jarak berapa dari cermin cekung letak benda tersebut?

   *Diketahui:* $s' = 40$ cm (positif karena bayangan nyata)

   $R = 60$ cm

   *Ditanyakan:* $s = ...?$

   *Jawab:* $\Rightarrow f = \frac{1}{2}R \rightarrow f = \frac{1}{2} \times 60$

   $= 30$ cm

   $$\Rightarrow \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

   $$\frac{1}{s} + \frac{1}{40} = \frac{1}{30}$$

   $$\frac{1}{s} = \frac{1}{30} - \frac{1}{40}$$

   $$s = \frac{4}{40} - \frac{1}{40}$$

   $$s = \frac{40}{3} \rightarrow \boxed{s = 13{,}3 \text{ cm}}$$

   Karena S positif, maka bendanya nyata di depan cermin pada jarak 13,3 cm.

3. Seseorang yang tinginya 160 cm berdiri tegak di depan sebuah cermin datar pada jarak 2 m dari cermin. Berapa panjang minimal cermin agar seluruh bayangan orang tersebut tampak olehnya? (kedudukan cermin diatur sedemikian rupa sehingga bayangan seluruh tubuhnya tampak).

   *Jawab:*

   Panjang cermin minimal = AB

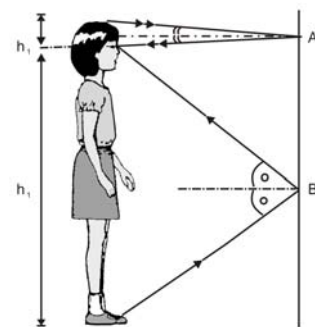
   Karena besar sudut datang = besar sudut pantul, maka:

   $$AB = \frac{1}{2}h_1 + \frac{1}{2}h_2$$

   $$= \frac{1}{2}(h_1 + h_2)$$

   $$= \frac{1}{2}(160 \text{ cm})$$

   $$= 80 \text{ cm}$$

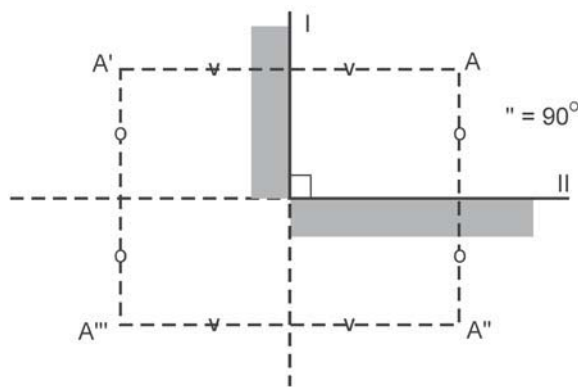
   Jadi, panjang minimal cermin 90 cm.

Pembentukan bayangan oleh cermin datar

4. Dua buah cermin datar membentuk sudut $90^o$, sebuah titik A terletak di tengah-tengah antara kedua cermin tersebut.

   a. Berapa jumlah bayangan titik A tersebut?

   b. Bila sudut antara kedua cermin tersebut diperkecil menjadi $30^o$, berapa jumlah bayangan titik A tersebut?

   *Jawab:*

   a.

Pembentukan bayangan oleh 2 cermin datar

| | | |
|---|---|---|
| A´ | = | bayangan A yang dibentuk cermin I |
| A´´ | = | bayangan A yang dibentuk cermin II |
| A´´´ | = | bayangan A´ yang dibentuk cermin II |
| | = | bayangan A´´ yang dibentuk cermin I |

Jadi jumlah bayangan ($n$) = 3

atau dapat dirumuskan $n = \dfrac{360^o}{\alpha^o} - 1$

| | | |
|---|---|---|
| $\alpha^o$ | = | sudut antara kedua cermin dalam derajat |
| $n$ | = | jumlah bayangan |

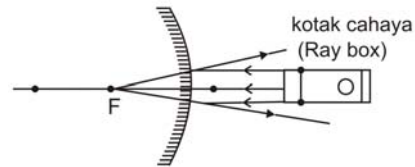
   b. Bila $\alpha = 45^o$, maka

$$n = \frac{360^o}{45^o} - 1$$
$$n = 8 - 1$$
$$n = 7$$

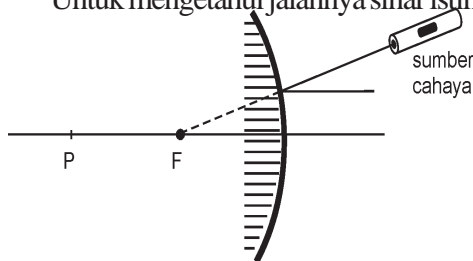
## 6. Cermin Cembung

### a. Titik api cermin cembung

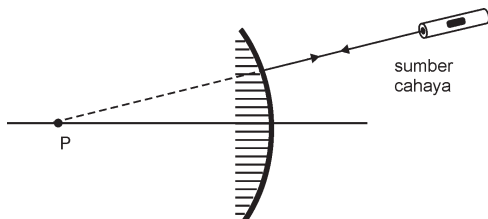
Bila sinar sejajar dari kotak cahaya dijatuhkan pada cermin cembung ternyata sinar-sinar tersebut menyebar (memancar) seolah-olah dari sebuah titik di belakang cermin. Titik itu dinamakan titik api (fokus) cermin cembung.

Titik api cermin cembung di belakang cermin cembung bersifat maya, maka jarak titik api cermin cembung harganya negatif.

**Gambar 14.49** Titik api cermin cembung

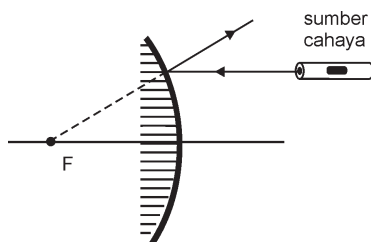
### b. Jalannya sinar istimewa

Untuk mengetahui jalannya sinar istimewa pada cermin cembung, lakukan kegiatan berikut!

1) Dari kotak cahaya arahkan sinar sejajar sumbu utama! Apa yang Anda amati!

   Sinar terpantul seolah-olah berasal dari titik api cermin cembung.

**Gambar 14.50a** Sinar istimewa cermin cembung

2) Arahkan sinar dari kotak cahaya ke titik api cermin cembung, bagaimana arah sinar pantulnya?

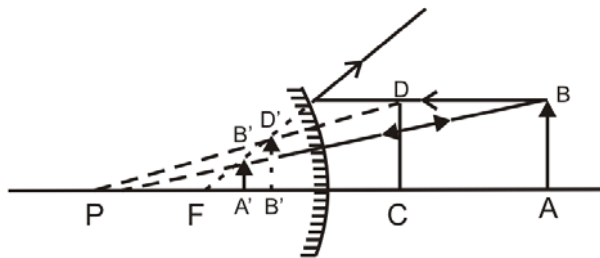
   Sinar menuju fokus cermin cembung dipantulkan sejajar sumbu utama.

**Gambar 14.50b**

3) Arahkan sinar dari kotak cahaya ke pusat kelengkungan P, bagaimana arah sinar pantulnya?

   Ternyata sinar dipantulkan kembali ke arah semula.

**Gambar 14.50c**

### c. *Pembentukan bayangan pada cermin cembung*

Perhatikan gambar 14.51 di bawah ini!

AB = benda nyata

CD = benda nyata

A´B´ = bayangan maya benda AB

C´D´ = bayangan maya benda CD

**Gambar 14.51** Pembentukan bayangan pada cermin cembung

Sifat bayangan yang dibentuk cermin cembung dari benda di depan cermin: maya, tegak, diperkecil.

Rumus-rumus untuk cermin cembung sama dengan rumus-rumus pada cermin cekung.

**Contoh soal:**

1. Jari-jari kelengkungan cermin cembung 80 cm, berapa jarak titik api cermin tersebut?

   *Jawab*: $R$ = 80 cm (cermin cembung jari-jari kelengkungan negatif)

   $$f = \frac{1}{2}R$$

   $$= \frac{1}{2}(-80 \text{ cm})$$

   $$= -40 \text{ cm}$$

2. Sebuah cermin cembung jari-jari kelengkungannya 40 cm. Sebuah benda berada 30 cm di depan cermin. Jika tinggi benda 12 cm, berapa tinggi bayangan?

   *Jawab:*

   $$f = -\frac{1}{2}R$$

   $$= -\frac{1}{2} \times 40$$

   $$= -20 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{s'} = -\frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{30}$$

$$= -\frac{3}{60} - \frac{2}{60}$$

$$= \frac{-5}{60}$$

$$s' = -12 \text{ cm}$$

$$m = \frac{-s'}{s}$$

$$= \left(\frac{-12}{30}\right)$$

$$= 0{,}4$$

$$= \frac{h'}{h} \Rightarrow \frac{h'}{12} = 0{,}4$$

$$h' = 4{,}8 \text{ cm}$$

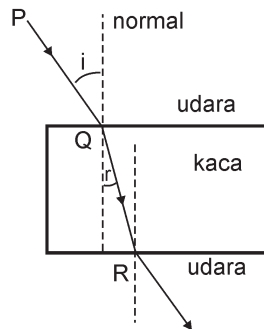
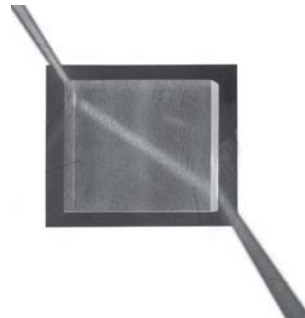
Jadi, tinggi bayangan adalah 3 cm

### d. Penggunaan cermin cembung

Karena cermin cembung menghasilkan bayangan tegak, maya, diperkecil, maka dimanfaatkan sebagai kaca spion mobil atau sepeda motor.

## 7. Pembiasan

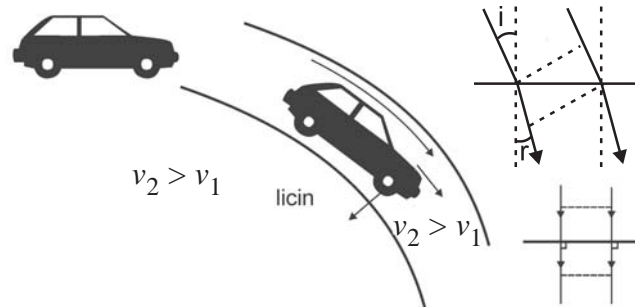
### a. Pengertian pembiasan

Perhatikan arah sinar yang masuk dan sinar yang keluar dari kaca plan paralel di bawah ini!

**Gambar 14.52** Sinar datang PQ, garis normal dan sinar bias QR, sudut datang (i), sudut bias (r)

**Gambar 14.53** Cahaya yang melewati kaca plan paralel

Sinar dari kotak cahaya dari udara masuk ke kaca plan paralel dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya sinar dari kaca pan paralel ke udara dibiaskan menjauhi garis normal.

Bila sinar dari udara masuk kaca plan paralel dengan arah tegak lurus kaca, sinar tidak berubah arah (tidak membelok). Mengapa demikian? Untuk memahami hal tersebut ikutilah ilustrasi berikut.

1) Bila mobil melaju lurus, pada suatu saat roda depan bagian kanan masuk ke jalan licin, roda kiri di jalan kasar, maka mobil membelok ke kanan. Apa sebabnya?

   Roda kiri lebih cepat bergerak sehingga mendahului roda kanan dan mobil membelok ke kanan.

**Gambar 14.54** Ilustrasi pembiasan

2) Bila mobil melaju lurus, kedua roda depan masuk jalan licin bersama-sama, maka mobil tidak membelok sebab kecepatan kedua roda sama.

Jadi cahaya yang datang miring pada batas dua medium mengalami pembelokan arah karena sinar tepi mengalami perbedaan laju. Sedangkan jika cahaya datang tegak lurus batas dua medium, cahaya tidak membelok karena sinar-sinar tepi mengalami perubahan laju sama yang berlangsung serentak (bersama-sama).

Peristiwa berubahnya laju cahaya akibat peralihan medium cahaya disebut pembiasan.

## b. Hukum Snellius

Bila kita perhatikan kembali gambar 14.52, kita ketahui bahwa:

1) Sinar datang, garis normal (garis tegak lurus batas dua medium), dan sinar bias terletak satu bidang datar.
2) Dengan mengubah sudut datang ($i$), maka sudut bias ($r$) juga berubah. Perubahan yang terjadi sedemikian hingga

   Ternyata $\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$ = konstan (tetap). Perhatikan contoh berikut.

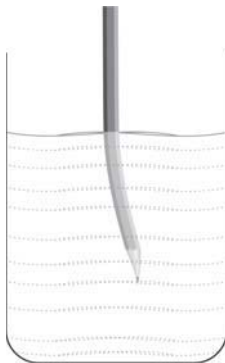
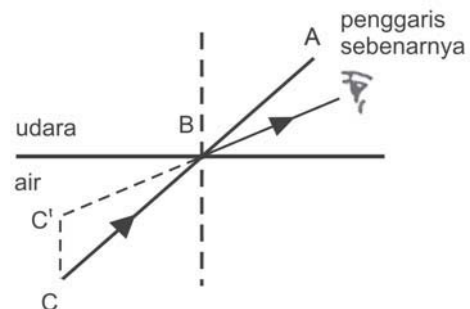
**Tabel 14.6 Sudut datang dan sudut bias**

| $i$ | $r$ | Sin $i$ | Sin $r$ | $\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$ |
|---|---|---|---|---|
| 30$^o$ | 19,5 | 0,5 | 0,333 | 1,5 |
| 37$^o$ | 23,57 | 0,6 | 0,4000 | 1,5 |
| 53$^o$ | 21, 22 | 0,8 | 0,5333 | 1,5 |

**Hukum Snellius:**

1. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal berada pada satu bidang datar.
2. Sinus sudut datang dibagi sinus sudut bias, konstan (tetap).

## c. Indeks bias

Gambar 14.55 di bawah menunjukkan tentang gejala optik, yaitu pembiasan yang terjadi pada air. Penggaris tampak patah (bengkok) pada batas udara air. Jalannya sinar dari penggaris dalam air ke mata seperti pada gambar 14.56.

**Gambar 14.55** Pensil tampak tidak lurus



**Gambar 14.56** Sinar dari penggaris CB ke mata

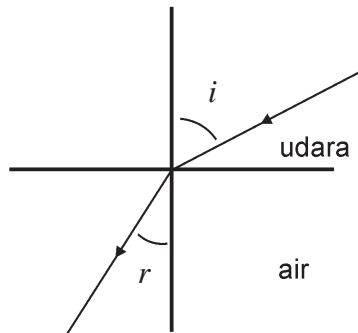
Perhatikan gambar 14.60. Penggaris ABC tampak sebagai ABC′. Apa sebabnya? Sinar CB dibiaskan menjadi sinar BD menuju mata, garis CB tampak sebagai C′B.

Menurut Snellius:

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \text{konstan.}$$

Konstanta ini disebut **indeks bias (*n*)**

- Bila sinar datang dari udara dengan sudut datang *i* dan sudut biasnya *r*, maka :

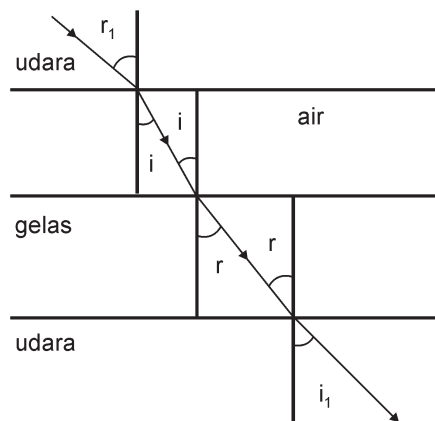
$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = n_a \qquad (1)$$

**Gambar 14.57** Sinar dari udara ke air sudut datang *i*

- Bila sinar datang dari udara dengan sudut datang ($i_1$) ke gelas dengan sudut bias *r*, maka:

$$\frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sin } r} = n_g \qquad (2)$$

Dengan membagi persamaan 2 dengan 1 didapat:

$$\frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sin } r} \times \frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sin } r_1} = \frac{n_g}{n_a}, \text{ karena } i_1 = r_1, \text{ maka } \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{n_g}{n_a}$$

Adapun jalannya sinar sebagai berikut:

**Gambar 14.58** Sinar dari udara ke air ke gelas ke udara

Jadi jalannya sinar dari air ke gelas mempunyai perumusan:

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{n_g}{n_a}$$

atau

$$n_a \sin i = n_g \sin r.$$

**Keterangan:**

Sudut datang pada air = *i*

Sudur bias pada gelas = *r*

Atau sinar dari air menuju gelas.

$\frac{n_g}{n_a}$ = disebut indek bias relatif gelas terhadap air, boleh ditulis.

$\frac{n_g}{n_a} = n_{ga}$ → Sinar berjalan dari air menuju gelas.

Bila salah satu medium hampa, maka:

$\frac{n_g}{n_{hampa}} = \frac{n_g}{l} = n_g$ (disebut indek bias mutlak gelas)

$\frac{n_a}{n_{hampa}} = \frac{n_a}{l} = n_a$ (disebut indek bias mutlak air)

$\frac{n}{n_{hampa}} = n$ (disebut indek bias mutlak intan)

Jadi, sinar dari optik lebih renggang (indek bias kecil) keoptik lebih rapat (indeks bias lebih besar) dibiaskan mendekati garis normal ($i > r$)

Sebaliknya, sinar dari optik lebih rapat ke optik lebih renggang dibiaskan menjauhi garis normal ($i < r$)

## d. Pemantulan sempurna

Sinar dari medium lebih rapat dibiaskan menjauhi garis normal. Dengan memperbesar sudut datangnya, maka pada suatu saat sudut biasnya ($r = 90^o$). Keadaan seperti ini disebut *akan terpantul sempurna*. Pada keadaan ini sudut datangnya disebut sudut batas (φ). Lihat gambar 14.62.

Sudut batas (φ) yaitu sudut datang sinar dari optik lebih rapat ke optik lebih renggang bila sudut bias $90^o$.

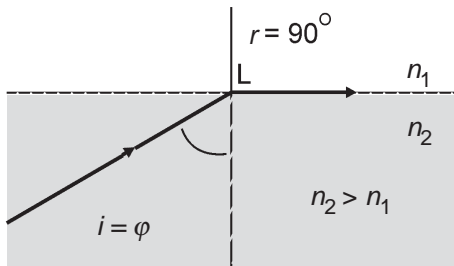
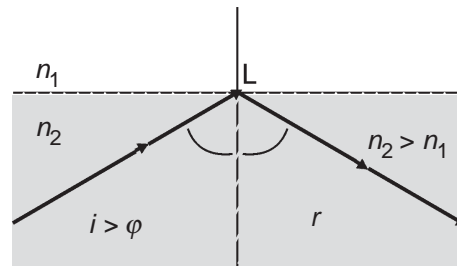
Bila sudut datang sinar dari optik lebih rapat ke optik lebih renggang diperbesar melebihi sudut batas ($i > \varphi$), maka sinar tidak dibiaskan melainkan atau mengalami pemantulan yang disebut **pemantulan sempurna**.

Syarat terjadinya pemantulan sempurna, yaitu:

1. Sinar datang dari optik lebih rapat atau dari indeks bias lebih besar.
2. Sinar datang lebih besar dari sudut batas atau $i > \varphi$.

Besarnya sudut batas pada beberapa median.

1. Pada air dirumuskan : $\sin \varphi_a = \frac{1}{n_a}, < 1$
2. Pada gelas dirumuskan : $\sin \varphi_g = \frac{1}{n_g}, < 1$
3. Pada air - gelas dirumuskan : $\sin \varphi = \frac{n_a}{n_g}, < 1$

Besarnya sinus sudut batas selalu **kurang dari satu**

**Gambar 14.59a** Sinar akan terpantul sempurna

**Gambar 14.59b** Sinar mengalami pemantulan sempurna $r = i$

**Contoh soal:**

1. Indeks bias intan adalah 2,5. Sinar dari udara masuk ke air dengan sudut datang 53$^o$ (sin 53$^o$ = 0,8). Berapa sin *r* (*r* adalah sudut bias)?

   *Jawab:*

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = n_i$$

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{1}{n_i}$$

$$\text{Sin } r = \frac{\text{Sin } i}{n_i}$$

$$= \frac{\text{Sin } 53^o}{2,5}$$

$$= 0,8 \times \frac{2}{5}$$

$$\sin r = 0,32$$

2. Bila indeks bias gelas = $\frac{3}{2}$, hitunglah sudut batas gelas!

*Jawab:*

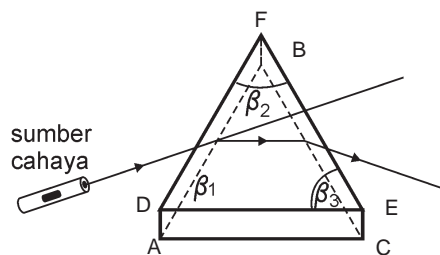
$$\text{Sin } \varphi = \frac{1}{n_g}$$

$$= \frac{1}{\frac{3}{2}}$$

$$\text{Sin } \varphi = \frac{2}{3}$$

$$\text{Sin } \varphi = 0,6667 \text{ (lihat tabel)}$$

$$\varphi = 41,81^o$$

## e. Pembiasan cahaya pada prisma

**Gambar 14.60** Prisma dan pembiasan sinar

Prisma kaca dapat membiaskan cahaya. Jalannya sinar bias seperti gambar 14.60.

Sinar dari kotak cahaya masuk ke bidang sisi ABFD, ternyata sinar keluar dari prisma melalui bidang BCEF.

Sudut pembiasnya pada saat demikian adalah $\angle ECD = \beta_2$.

Jika bidang pembiasnya ACED dan ABFD, maka sudut pembiasnya $\beta_1$ dan seterusnya.

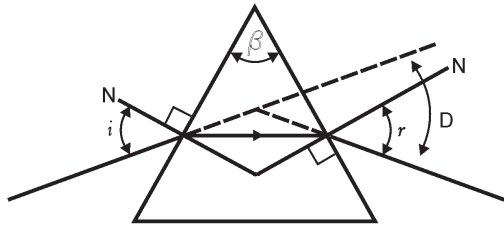
Sudut yang dibentuk antara sinar yang keluar dengan perpanjangan sinar masuk dinamakan **sudut deviasi** (*D*). Besarnya sudut deviasi secara ilmu ukur bidang (planimetri) didapat:

$$D = i + r - \beta$$

$i$ = sudut datang pada bidang pembias 1

$r$ = sudut bias pada bidang pembias 2

Bila $i = r$, sudut deviasinya paling kecil disebut **sudut deviasi minimum.**

$$D_{min} = 2i - \beta$$

Gambar 14.61 Sudut deviasi

Untuk $\beta \leq 10^o$ yang merupakan sudut kecil, maka deviasi minimumnya dapat dihitung lewat indeks bias prisma sebagai berikut:

$$D_m = (n_p - 1)\, \beta$$

Dimana : $D_m$ = deviasi minimum

$n_p$ = indeks bias prisma

$\beta$ = sudut pembias prisma

Dari rumusan ini tampak bahwa: **semakin besar indeks bias prisma, semakin besar sudut deviasi minimumnya**.

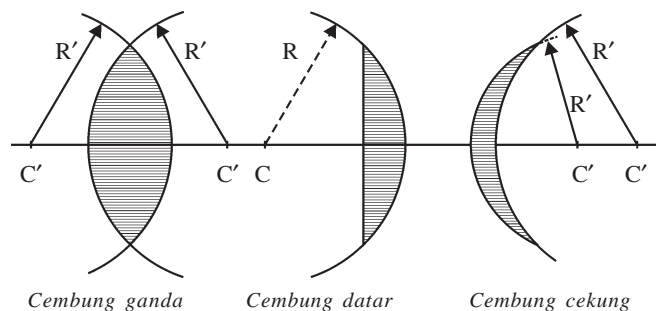
## 8. Lensa Cembung

### a. *Ciri lensa cembung*

Lensa mempunyai dua bidang batas yang masing-masing mampu membiaskan cahaya. Bidang batas sebuah lensa dapat keduanya lengkung atau satu bidang batas lengkung lainnya datar.

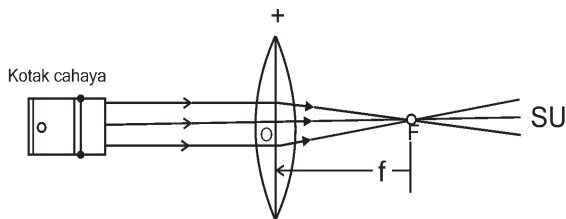
*Ciri-ciri lensa cembung:*

Melalui pengamatan dapat kita ketahui bahwa lensa cembung mempunyai ciri: **bagian tepinya tipis**, sedangkan **bagian tengahnya tebal**.

*Cembung ganda* *Cembung datar* *Cembung cekung*

**Gambar 14.62** Macam-macam lensa cem*bung*

## b. Sifat lensa cembung

Bila tiga berkas sinar sejajar yang keluar dari kotak cahaya dikenakan pada lensa cembung, berkas sinar-sinar tersebut dibiaskan oleh lensa dan berpotongan pada sebuah titik. Titik tersebut dinamakan **fokus** (titik api) diberi tanda *F*.

Gambar 14.63 Fokus lensa cembung

Titik api = titik tempat terbentuknya bayangan dari benda di tak terhingga

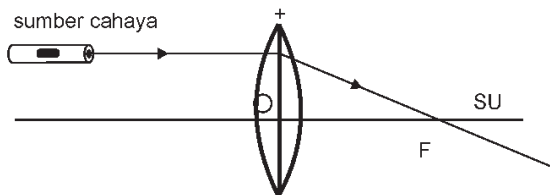
O = vertek (pusat lensa)

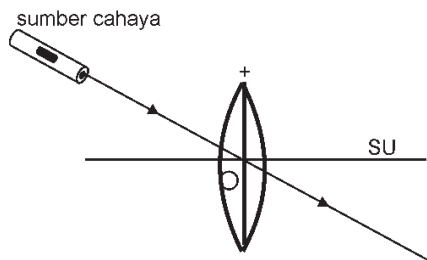
Jarak titik api (*f*) yaitu = jarak OF.

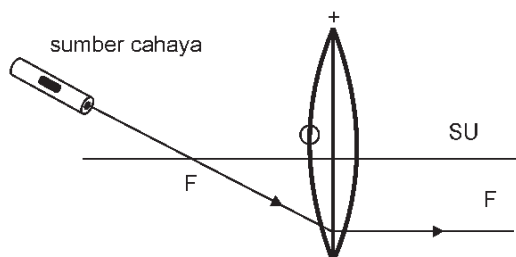
Titik api lensa cembung **nyata**, karena merupakan titik potong sinar-sinar bias, sehingga jarak titik api lensa (*f*) bernilai **positif**.

Sifat lensa cembung mengumpulkan sinar sehingga disebut **lensa konvergen**.

## c. Jalannya sinar istimewa pada lensa cembung dan lukisan pembentukan bayangan

Gambar berikut untuk menunjukkan jalannya 3 sinar istimewa.

Gambar 14.64a

1. Sinar dari kotak cahaya datang pada lensa positif sejajar sumbu utama, dibiaskan melalui fokus di belakang lensa.

Gambar 14.64b

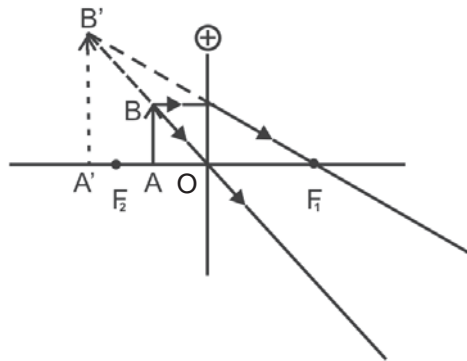
2. Sinar dari kotak cahaya melalui vertek (O) tidak berubah arah.

3. Sinar dari kotak cahaya melalui fokus F di depan lensa dibiaskan sejajar sumbu utama.

Gambar 14.64c

**Kesimpulan:**

1. Sinar sejajar sumbu utama, dibiaskan melalui fokus lensa di belakang lensa.
2. Sinar yang melalui fokus di depan lensa dibiaskan sejajar sumbu utama.
3. Sinar melalui vertek diteruskan tanpa berubah arah.

Dengan 3 sinar istimewa atau minimal menggunakan 2 sinar istimewa, bayangan benda yang dibentuk lensa cembung, dapat dilukis.

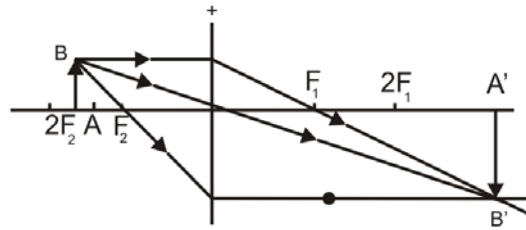
### *1) Benda di antara O dan F*

**Gambar 14.65a** Bayangan maya, tegak, diperbesar

A′B′ = bayangan maya di depan lensa (no. ruang bayangan = 4)

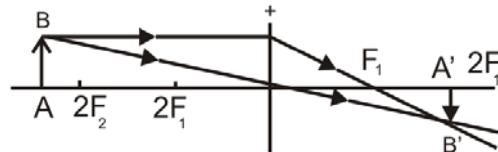
$F_1$ = fokus di belakang lensa

$F_2$ = fokus di depan lensa

Sifat bayangan: maya, tegak, diperbesar

### 2) *Benda di antara $F_2$ dan $2F_2$*

**Gambar 14.65b** Bayangan nyata, terbalik, diperbesar

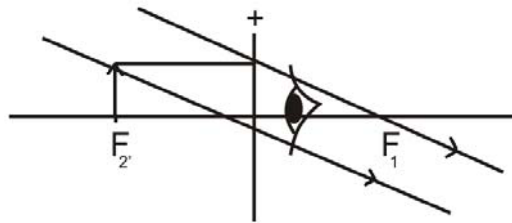
Bayangan A′B′ bersifat: nyata, terbalik, diperbesar

### 3) *Benda di antara $F_2$ sampai dengan ~*

**Gambar 14.65c** Bayangan nyata, terbalik, diperkecil

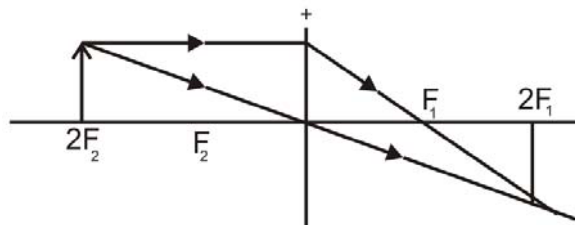
Bayangan A′B′, bersifat: nyata, terbalik, diperkecil

Dari ketiga lukisan tersebut:

a. Jika benda di antara *O* dan *F*, sifat bayangan maya, tegak, diperbesa.
b. Jika benda di antara *F* dan 2*F* sifat bayangan nyata, terbalik, diperbesar.
c. Jika $s$ = f bayangan tegak, maya, di tak hingga
d. Jika $s$ = 2 f, bayangan terbalik, nyata, sama besar
e. Jika $s$ > 2f, bayangan nyata, terbalik, diperkecil
f. Bayangan diperbesar $|s'| > s$, bayangan diperkecil jika $|s'| < s$.
(Keterangan: $|-5| = 5$ atau $|5| = 5$)

### 4) *Benda di fokus di (F)*

Gambar 14.65d Bayangan berada di

Benda di fokus ($s = f$), bayangan yang mudah diamati adalah: maya, tegak, diperbesar.

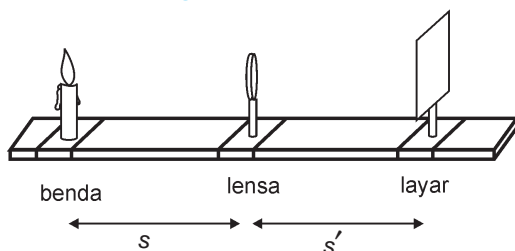
### 5) *Benda di 2 F (s = 2f)*

**Gambar 14.65e** Bayangan nyata, terbalik, sama besar

Benda di $2F_2$, bayangan $2F_1$ bersifat: nyata, terbalik, sama besar.

Dari kelima lukisan dapat disimpulkan:

a. Semua bayangan maya yang dibentuk lensa cembung selalu tegak terhadap bendanya.

b. Semua bayangan nyata yang dibentuk lensa cembung pasti terbalik terhadap bendanya.

## d. *Hubungan antara s, s′ dan f*

**Gambar 14.66** Benda, lensa dan layar

Pengamatan menggunakan lensa dengan

$f$ = 20 cm.

$s$ = jarak benda

$s'$ = jarak bayangan

Dengan menggeser layar mendekati atau menjauhi layar jika s > 20, maka pada layar didapat bayangan yang tajam. Pada keadaan demikian jarak benda dan jarak bayangan dimasukkan dalam tabel. Kemudian diubah jarak benda dan diukur pula jarak bayangan saat bayangan pada layar cukup jelas. Hasilnya seperti pada tabel di bawah ini.

**Tabel 14.7 Hubungan *s, s′, dan f***

| No. | $s$ | $s'$ | $\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$ | $\frac{1}{f}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 25 cm | 100 cm | 0,050 | 0,05 |
| 2. | 40 cm | 40 cm | 0,050 | |
| 3. | 50 cm | 32 cm | 0,051 | |

Tabel di atas mempunyai kecenderungan bahwa $\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$ = konstan dan cenderung sama dengan $\frac{1}{f}$.

Jadi

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}$$

$S'$ = jarak bayangan, untuk bayangan maya, $S'$ = negatif dan tak dapat ditangkap dengan layar.

Dilihat langsung dari belakang lensa, untuk bayangan nyata:

- $S'$ = positif
- dapat ditangkap oleh layar

$S$ = jarak benda

$f$ = jarak bayangan

Rumus perbesaran sama seperti pada cermin:

$$m=\frac{s'}{s}+\frac{h'}{h}$$

## e. Penggunaan lensa cembung

Orang tua yang sudah tidak mampu membaca pada jarak baca normal 25 cm. Agar orang tersebut mampu membaca pada jarak 25 cm perlu ditolong dengan kacamata **berlensa cembung**.

Astronom banyak mengamati benda langit, agar benda langit tampak lebih dekat dan lebih jelas, ia menggunakan teropong. Teropong terdiri dari **dua lensa cembung**.

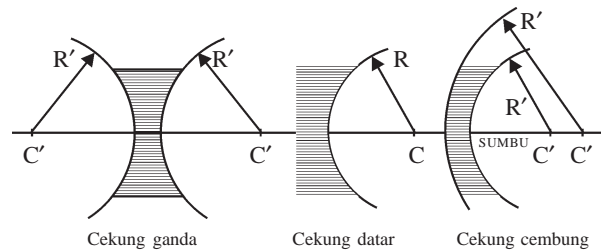
Ahli biologi dan pekerja laboratorium kesehatan menggunakan mikroskop untuk mengamati bakteri (bibit penyakit).

Selain itu masih banyak alat yang menggunakan lensa positif seperti: *tustel/kamera, periskop, slide proyektor, proyektor bioskop, episkop, OHP dan lain-lain.*

Tukang jam selalu mengamati komponen jam yang ukurannya kecil, kemudian membongkar dan memasangnya kembali. Agar komponen jam tampak lebih besar ia memakai lup, yaitu sebuah lensa positif/cembung.

## 9. Lensa Cekung

### a. *Ciri-ciri lensa*

Dilihat dari bentuknya, lensa cekung mempunyai ciri-ciri bagian tepi tebal, bagian tengahnya tipis (lihat gambar).


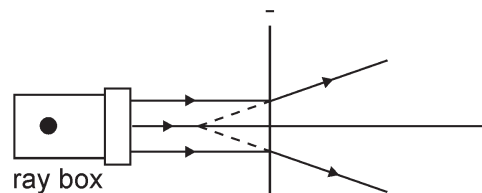

**Gambar 14.67** Macam-macam lensa cekung

### b. *Titik api lensa cekung*

Sinar sejajar dari kotak cahaya diarahkan menuju lensa cekung, sejajar sumbu utama. Sinar bias arahnya seperti tampak pada gambar 14.68.

Sinar bias dari sinar sejajar sumbu utama menyebar. Perpanjangan sinar bias tersebut berpotongan di sebuah titik F.

Titik tersebut dinamakan titik api (fokus).

Karena fokus lensa cekung berada di depan lensa, maka fokus tersebut maya, jarak titik apinya OF = f dinilai *negatif*. Sifat lensa cekung yaitu menyebarkan sinar yang datang padanya. Oleh karena itu sering disebut lensa divergen.



**Gambar 14.68** Titik api lensa cekung

### c. *Jalannya sinar istimewa dan lukisan bayangan*

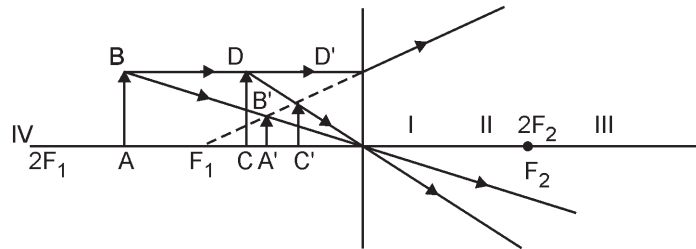
Seperti percobaan jalannya sinar istimewa pada lensa cembung, jalannya sinar istimewa pada lensa cekung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1) Sinar sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah dari fokus di depan lensa.

2) Sinar yang menuju fokus di belakang lensa dibiaskan sejajar sumbu utama.
3) Sinar yang melalui vertek diteruskan tanpa berubah arah.

Coba lakukan sendiri kebenaran aturan jalannya sinar-sinar istimewa tersebut.

Dengan sinar istimewa itu dapat dilukis bayangan sebuah benda yang dibentuk oleh lensa cekung.

- Benda di depan lensa (ruang IV)

**Gambar 14.69** Bayangan maya, tegak, diperkecil

A′B′ = bayangan maya benda AB
C′D′ = bayangan maya benda CD
— Bayangan di depan lensa

Dari lukisan itu dapat kita ketahui semua benda di depan lensa cekung, bayangannya bersifat: maya, tegak, diperkecil.

## d. *Hubungan antara jarak benda (s), jarak bayangan (s′) dan jarak titik api serta perbesaran*

Seperti pada lensa cembung, pada lensa cekung berlaku rumus:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

Di mana: $s'$ = jarak bayangan
(+) positif, bayangan nyata
(-) negatif, bayangan maya

$s$ = jarak benda

$f$ = jarak titik api, bernilai negatif

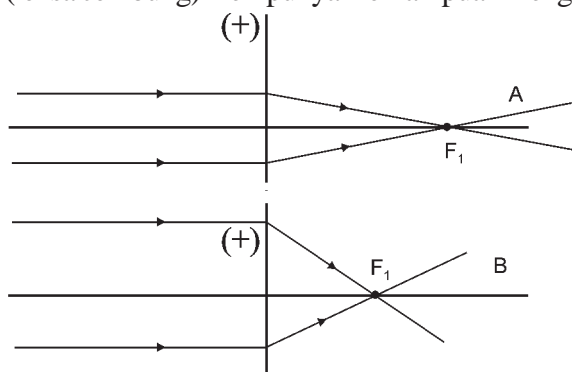
Perbesaran (m), rumusnya: $m = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s}$

Di mana: $h'$ = (–) negatif, bayangan terbalik
(+) positif, bayangan tegak
$m$ = (+) positif, bayangan tegak
(–) negatif, bayangan terbalik

## e. Kekuatan lensa (P)

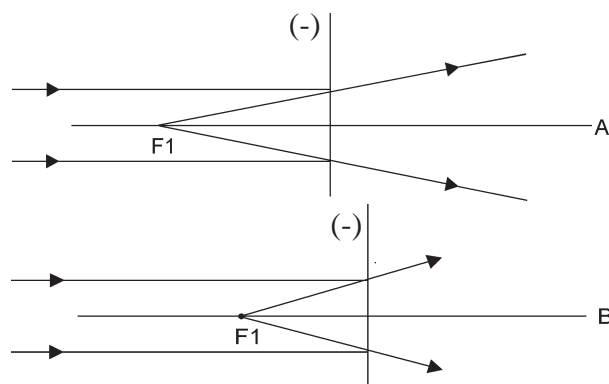
Baik lensa positif maupun lensa negatif mempunyai kemampuan membiaskan sinar, dan tampak seperti gambar di bawah ini.

1. Lensa positif (lensa cembung) mempunyai kemampuan mengumpulkan sinar.

(+)
A
$F_1$
(+)
$F_1$
B

**Gambar 14.70** Lensa positif A dan B

Dari gambar 14.70 tampak bahwa lensa B tampak lebih kuat mengumpulkan sinar, padahal jarak titik api lensa B lebih pendek.

2. Lensa negatif (lensa cekung) mempunyai kemampuan menyebarkan sinar.

(-)
A
F1
(-)
B
F1

**Gambar 14.71** Lensa negatif A dan B

Dari gambar 14.71 tampak bahwa lensa B lebih kuat menyebarkan sinar, padahal jarak titik api lensa B lebih kecil.

**Kesimpulan:**

Kekuatan lensa berbanding terbalik dengan jarak titik api dan

dirumuskan: $P = \frac{1}{f}$ jika f dalam meter, maka *P* dalam dioptri (*D*).

Bila lensa tersebut positif, maka *f* dan *P* positif, sebaliknya jika lensa itu negatif, maka *f* dan *P* juga negatif.

Rumus tersebut dapat diganti menjadi:

$P = \frac{100}{f}$ $\rightarrow$ *P* dalam dioptri

*f* dalam sentimeter (cm)

### f. Kegunaan lensa cekung

Mata miopi (rabun jauh) dapat dinormalkan kembali dengan lensa cekung. Mata miopi yang telah ditolong dengan kacamata berlensa cekung mampu melihat benda-benda yang berada di tak terhingga, sebagaimana layaknya mata normal.

Teropong bumi jika menggunakan lensa pembalik, teropongnya terlalu panjang, untuk memperpendek okuler teropong dan lensa pembaliknya menggunakan sebuah lensa cekung.

**Contoh soal:**

1. Berapa dioptri kekuatan lensa yang jarak titik apinya 25 cm?

   *Jawab:*

   $$P = \frac{100}{f} \rightarrow P = \frac{100}{25} \rightarrow P = 4\ D$$

2. Di depan lensa cekung yang jarak titik apinya 15 cm, sebuah benda berada 15 cm di depan lensa.
   a. Berapakah jarak bayangan?
   b. Berapakah tinggi bayangan, jika tinggi benda 50 cm?
   c. Bagaimanakah sifat bayangan?

*Jawab:*

a. $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{15} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{-15}$

$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-15} - \frac{1}{15}$

$= -\frac{2}{15}$

$s' = -7,5$ cm

Bayangan maya, 7,5 cm di depan lensa

b. $m = \frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s}$

$m = \frac{h'}{50} = \frac{7,5}{15}$

$h' = \frac{1}{5}$

$h' = 25$ cm

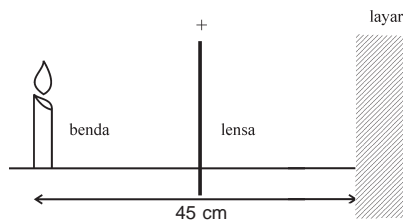
Tinggi bayangan 25 cm (lebih kecil dari benda

c. Karena $m = \frac{1}{2} \rightarrow$ $m$ = (+), bayangan tegak.

$m$ < 1, bayangan diperkecil

Jadi, sifat bayangan: **maya**, **tegak**, **diperkecil**.

## Kecakapan Personal

1. Sebuah cermin cekung jari-jari kelengkungannya 30 cm. Sebuah benda tingginya 2 cm terletak pada jarak 20 cm dari cermin. Berapakah tinggi bayangan benda tersebut dan bagaimana sifatnya?
2. Sebuah cermin cembung jari-jari kelengkungan 30 cm.
   a. Berapakah jarak titik apinya?
   b. Dari benda yang berada di depan cermin pada jarak 30 cm, dibentuk bayangannya pada jarak berapa cm?
3. Bila benda berada di tak terhingga di depan lensa cembung, berapa jarak bayangannya? Jarak titik api lensa 15 cm.
4. Sebuah benda berada pada jarak 15 cm di depan lensa cembung berkekuatan 5 D. Bagaimana arah sinar bias? Berapa jarak bayangan?
5. 

   Benda dan layar berjarak tetap, ada dua kedudukan lensa berjarak titik api 10 cm yang menghasilkan bayangan tajam pada layar. Berapa jarak benda tersebut?

## E. Alat-Alat Optik dan Penerapannya dalam Kehidupan Sehari-hari

Mata merupakan alat untuk melihat. Dengan mata, manusia dapat menikmati keindahan alam dan dapat mempercepat kerja. Akan tetapi, kerja mata terbatas. Sebagai contoh untuk melihat benda yang kecil dan benda yang letaknya jauh, mata tidak mampu lagi melihat dengan jelas. Demikian juga untuk mata yang cacat atau rusak.

Untuk itu diperlukan alat bantu mata, misalnya kacamata, lup, mikroskop, dan teropong. Mata dan alat bantu tersebut dinamakan alat optik.

### 1. Mata

Mata manusia merupakan organ tubuh yang sangat penting. Mata manusia terdiri dari bagian-bagian yang fungsinya masing-masing sebagai berikut.

#### a. *Kornea*

Kornea merupakan bagian mata yang keras, dan berfungsi untuk melindungi bagian mata yang lunak dan sensitif yang berada di belakangnya/di dalamnya.

#### b. *Pupil*

Pupil adalah celah berbentuk lingkaran yang berfungsi agar cahaya dapat masuk ke dalam mata.

#### c. *Iris*

Iris adalah selaput berwarna hitam atau biru, yang berfungsi mengatur besar dan kecilnya pupil.

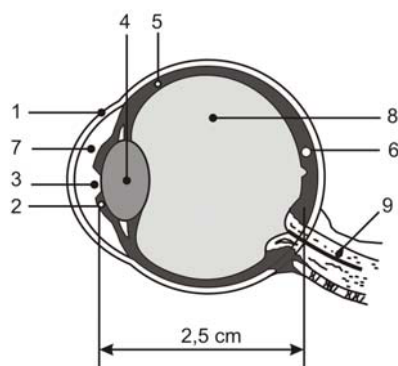
#### d. *Lensa*

Lensa berfungsi membiaskan sinar dari benda yang kemudian menghasilkan bayangan pada retina.

#### e. *Aqueous Humour*

Aqueous humour adalah cairan di depan lensa mata, berfungsi untuk membiaskan cahaya ke dalam mata.

#### f. *Vitreous Humour*

Vitreous Humour adalah cairan di dalam bola mata, berfungsi untuk meneruskan cahaya dan lensa menuju ke retina.

Gambar **14.72** Bagian-bagian mata

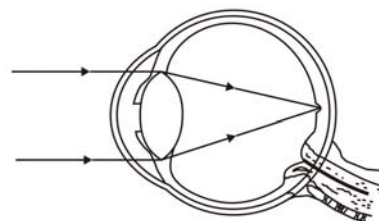
1. kornea
2. iris (otot berwarna)
3. pupil
4. lensa mata
5. otot mata
6. retina
7. aqueous humour
8. vitreous humour
9. saraf mata

### *g. Retina*

Retina berfungsi sebagai layar tempat terbentuknya bayangan benda yang tampak oleh mata. Retina merupakan bagian mata yang penuh saraf yang sensitif terhadap cahaya. Saraf-saraf tersebut mengirimkan rangsangan ke otak.

Untuk mempermudah mengenai bagian-bagian mata serta fungsinya, coba bandingkan dengan bagian-bagian dari sebuah kamera.

## *a. Proses terlihatnya objek oleh mata*

Apabila sinar yang berasal dan objek masuk pada lensa mata kemudian mengalami pembiasan dan terbentuk bayangan pada retina, mata dapat melihat objek tersebut. Apabila bayangan yang terjadi tidak jatuh di retina, mata tidak dapat melihat objek tersebut. Dengan demikian, syarat agar objek dapat dilihat dengan jelas oleh mata yaitu bayangan dari objek harus jatuh tepat pada retina (bintik kuning).

**Gambar 14.73** Proses terlihatnya objek oleh mata

Bola mata bentuknya tetap sehingga jarak retina terhadap lensa adalah tetap. Hal ini berarti jarak bayangan yang terbentuk ($s'$) adalah tetap. Padahal, kenyataannya mata dapat melihat benda yang jaraknya ($s$) berubah-ubah. Ini berarti jarak fokus lensa mata dapat berubah-ubah. Agar jarak fokus dapat berubah, kecembungan lensa harus berubah pula. Dari rumus lensa:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$, jika $s'$ tetap dan $s$ berubah-ubah (dari $s_A$ menjadi $s_B$), $f$ harus berubah-ubah.

Otot yang mengatur kecembungan lensa mata disebut otot akomodasi. Kemampuan otot tersebut untuk mengubah kecembungan lensa mata disebut *daya akomodasi*. Di sinilah keistimewaan lensa mata sebagai alat optik yang jarak fokusnya dapat diatur.

## b. Titik dekat dan titik jauh

Jika kita gerakkan sebuah benda dari jarak yang cukup jauh menuju mata, maka suatu saat benda berada pada posisi batas antara jelas dan tidak jelas. Sebaliknya jika benda kita jauhkan dari mata suatu saat benda berada pada posisi batas antara jelas dan tidak jelas. Batas antara jelas dan tidak jelas yang terdekat dan terjauh dari mata disebut daerah penglihatan mata. Agar objek dapat terlihat jelas oleh mata, letak objek harus pada daerah penglihatan mata, yaitu daerah antara titik dekat dan titik jauh mata tersebut. *Titik dekat* (punctum proksimum = pp) ialah jarak yang paling dekat yang dapat dilihat dengan jelas oleh mata dengan akomodasi maksimum. Pada jarak ini kecembungan lensa mata mencapai maksimum. *Titik jauh* (punctum remotum = pr) ialah jarak yang paling jauh yang dapat dilihat dengan jelas oleh mata tanpa berakomodasi. Pada jarak ini lensa mata dalam keadaan sepipih-pipihnya.

## c. Keadaan mata

Keadaan mata dapat dibedakan menjadi mata normal dan mata cacat.

### 1) Mata normal (Emetropi)

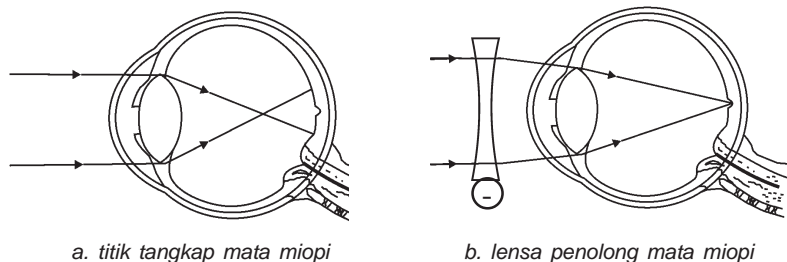
Untuk mata normal, mempunyai titik dekat kurang lebih 25 sentimeter dan titik jauh tak terhingga (jauh sekali).

### 2) Cacat mata (Ametrop)

Cacat mata yang diderita oleh seseorang dapat disebabkan oleh kerja mata yang terlalu forsir atau cacat sejak lahir. Ada tiga cacat mata, yaitu rabun jauh, rabun dekat, dan mata tua.

#### a) Rabun jauh (miopi - terang dekat)

Mata rabun jauh titik dekatnya lebih pendek daripada titik dekat mata normal ($s < 25$ cm) dan titik jauhnya lebih pendek daripada titik jauh mata normal. Oleh karena itu, orang yang menderita rabun jauh ini tidak dapat membaca dengan jelas pada jarak baca normal (± 25 cm) orang tersebut dapat membaca dengan jelas pada jarak lebih pendek dari 25 cm atau hanya dapat melihat benda-benda dekat sehingga cacat ini sering disebut *terang dekat*.

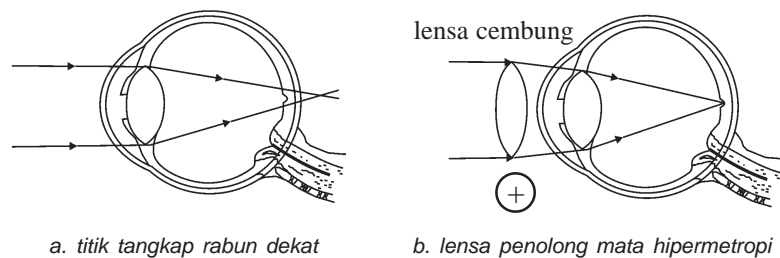
*a. titik tangkap mata miopi* *b. lensa penolong mata miopi*

**Gambar 14.74** Rabun jauh

Cacat mata miopi disebabkan *lensa mata terlalu cembung* atau *bola mata terlalu lonjong*. Dengan demikian, bayangan benda pada jarak baca jatuh di depan retina.

### b) Rabun dekat (hipermetropi - terang jauh)

Mata rabun dekat memiliki titik dekat lebih jauh daripada titik dekat mata normal dan titik jauhnya tak terhingga (~). Sehingga orang yang menderita rabun dekat ini tidak dapat membaca pada jarak normal (±25 cm), orang tersebut dapat membaca dengan jelas pada jarak lebih jauh dari jarak baca normal ($s_n$>25 cm) atau hanya dapat melihat benda-benda jauh. Oleh karena itu cacat ini sering disebut *terang jauh*.

lensa cembung

*a. titik tangkap rabun dekat* *b. lensa penolong mata hipermetropi*

**Gambar 14.75** Rabun dekat

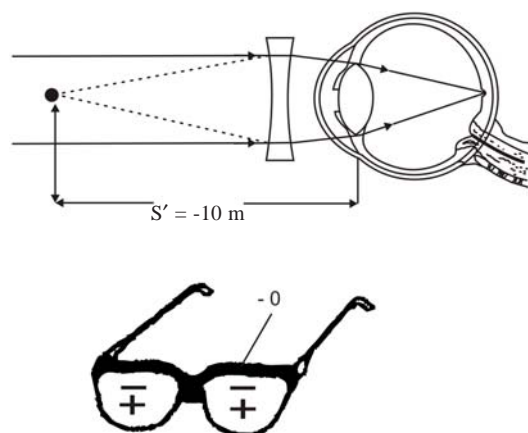
Cacat mata hipermetropi *disebabkan lensa mata kurang dapat dicembungkan* atau *bola mata terlalu pipih*. Dengan demikian, bayangan dari benda yang terletak pada jarak baca normal jatuh di belakang retina.

### c) Mata tua (presbiopi)

Mata tua ini memiliki titik dekat lebih jauh daripada titik dekat mata normal dan titik jauhnya lebih pendek daripada titik jauh mata normal. Oleh karena itu, orang yang memiliki mata tua ini tidak dapat melihat dengan jelas objek yang dekat maupun yang jauh secara normal. Mata ini sebenarnya tidak cacat, tetapi daya *akomodasinya sudah lemah*.

## d. Kacamata

S′ = -10 m

- 0

**Gambar 14.76** Kacamata dua fokus

Kacamata berfungsi membantu mata yang cacat agar fungsinya kembali layaknya mata normal.

### 1) Rabun jauh (Miopi = terang dekat)

Untuk cacat ini bayangan dari objek yang letaknya jauh jatuh di depan retina. Agar bayangan jatuh di retina sinar yang masuk pada lensa mata harus menyebar. Untuk itu di depan mata harus diberi lensa cekung (divergen). Jadi, untuk mata miopi dapat ditolong dengan *kacamata berlensa cekung* (negatif).

Setelah memakai kacamata berlensa cekung, objek yang letaknya jauh (s = ~) akan membentuk bayangan maya di titik jauh mata tersebut. Ini berarti s′ = –pr. Dengan demikian apabila titik jauh mata tersebut diketahui, ukuran kacamata yang harus dipakai (agar orang tersebut dapat melihat jauh) dapat ditentukan menggunakan rumus lensa.

**Catatan:**

Kekuatan lensa yang dipakai dapat juga ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$= \frac{1}{\sim} + \frac{1}{-pr} \rightarrow \quad p = -\frac{1}{pr}$$

pr = punctum remotum (titik jauh)

### 2) Rabun dekat (Hipermetropi = terang jauh)

Untuk cacat ini bayangan dan objek yang terletak pada jarak baca (titik dekatnya) jatuh di belakang retina. Agar bayangan jatuh di retina sinar yang masuk pada lensa mata, titik dekat harus lebih mengumpul. Untuk itu di depan mata harus diberi lensa cembung (konvergen). Jadi, untuk mata hipermetropi dapat ditolong dengan *kacamata berlensa cembung*.

Setelah memakai kacamata berlensa cembung, objek yang terletak pada jarak baca ($s$ = 25 cm) akan membentuk bayangan maya yang terletak pada titik dekat mata tersebut. Ini berarti $s' = -s_n$. Dengan demikian apabila titik dekat mata tersebut diketahui, ukuran kacamata yang harus dipakai agar dapat membaca pada jarak baca normal dapat ditentukan dengan

rumus lensa $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

Kekuatan lensa dapat juga ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ .... (karena $s$ = 25 cm dan ukuran dalam meter) maka

$$P = \frac{100}{25} - \frac{1}{s_n}$$

$$P = 4 - \frac{1}{s_n} \text{ dioptri}$$

*pp* = punctum proksimum (titik dekat = $s_n$)

### 3) Mata tua (Presbiopi)

Mata orang lanjut usia (orang tua) mempunyai kelemahan ganda, yaitu titik dekatnya lebih jauh dan titik dekat mata normal ($s_n$ >25 cm), titik jauhnya lebih pendek dan titik jauh mata normal. Kedua hal tersebut disebabkan daya akomodasinya sudah lemah. Oleh karena itu, mata tua harus ditolong dengan kacamata *berlensa rangkap (bivokal).* Kekuatan kacamata tersebut sesuai dengan kekuatan lensa penolong mata miopi dan hipermetropi (bagian bawah positif, bagian atau negatif).

Sebenarnya masih ada cacat mata yang lain, yaitu *aberasi sferik*. Cacat ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa *silinder.*

**Contoh soal:**

1. Seseorang bermata terang dekat (rabun jauh) memiliki titik jauh 15 sentimeter akan membaca sebuah buku pada jarak baca normal (25 sentimeter).
   - Apakah tulisan pada buku kelihatan jelas jika tanpa kacamata? Terangkan!
   - Jenis kacamata apa yang harus dipakai dan berapa ukurannya?

   *Penyelesaian:*

   *Diketahui* : s′ = –15 cm
   s = 25 cm

   *Ditanyakan* : - terbaca jelas atau tidak
   - jenis kacamata yang dipakai dan ukurannya

   *Jawab:*

   a. Titik jauh mata orang tersebut 15 sentimeter, berarti mata tersebut dapat melihat benda maksimum jarak benda terhadap mata adalah 15 sentimeter. Oleh karena dia membaca pada jarak 25 sentimeter, tulisan tampak tidak jelas (kabur) sebab bayangan tulisan jatuh di depan retina.

b. Agar tulisan dapat terbaca dengan jelas pada jarak baca normal ($s$ = 25 cm) diperlukan kacamata dengan lensa yang dapat membentuk bayangan di titik jauh mata ini ($s'$ = –15 cm), yaitu lensa negatif yang ukuran kacamatanya $-2\frac{2}{3}$ dioptri.

2. Seseorang bermata terang jauh (rabun dekat) memiliki titik dekat 50 sentimeter, akan membaca buku pada jarak baca normal (25 sentimeter).
   a. Apakah tulisan pada buku tersebut kelihatan jelas jika tanpa kacamata? Terangkan!
   b. Jenis kacamata apa yang harus dipakai?

   *Penyelesaian:*

   *Diketahui*: Rabun dekat, $s_n$ = 50 cm akan membaca pada jarak baca normal.

   *Ditanyakan*: - yang terbaca jelas atau tidak
   - jenis dan ukuran kacamata yang dipakai

   *Jawab:*

   a. Titik dekat mata orang tersebut 50 sentimeter. Jika tulisan diletakkan pada jarak 25 sentimeter, tulisan akan tampak tidak jelas (kabur) sebab bayangan jatuh di belakang retina atau benda di luar daerah penglihatan mata.
   b. Agar dapat membaca tulisan tersebut dengan jelas pada jarak normal ($s$ = 25 cm) diperlukan kacamata dengan lensa yang dapat membuat bayangan *maya* dari benda pada titik dekat mata orang tersebut ($s'$ = –s′, $s_n$ = –50 cm), yaitu sebuah lensa positif, yaitu $p = 4 - \frac{100}{50} = 2$ dioptri

3. Seseorang berumur 70 tahun sedang membaca pada jarak 50 sentimeter. Titik jauh mata orang itu 15 meter. Apabila orang tersebut menginginkan membaca dan melihat jauh seperti orang bermata normal, kacamata apakah yang harus dipakai dan berapa ukurannya?

   *Penyelesaian:*

   $s'$ = 50 cm

   Titik jauh ($pr$) = 10 m = 1.000 cm

   *Ditanyakan*: - jenis kacamata yang dipakai
   - ukuran kacamata

   *Jawab:*

   a. Untuk membaca

   Agar dapat membaca pada jarak normal 25 cm, orang tua tersebut harus memakai kacamata berlensa *positif* yang dapat membentuk bayangan di titik dekat mata orang tua tersebut ($s'$ = –50 cm). Kekuatan kacamatanya = $4 - \frac{100}{50} = 2$ dioptri.

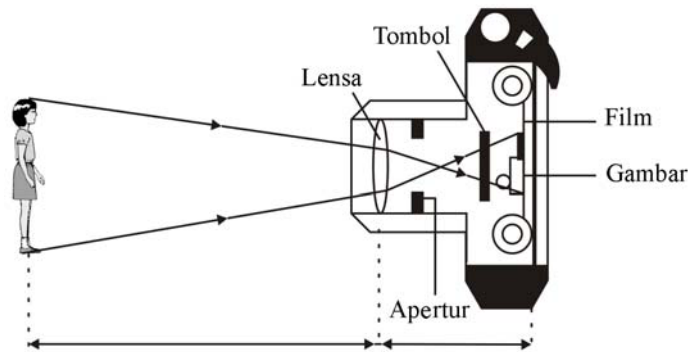
b. Untuk melihat jauh

Agar orang tua tersebut dapat melihat jelas ($s$ = ~), orang itu harus memakai kacamata berlensa *negatif* yang dapat membentuk bayangan di titik jauh orang itu ($s'$ = -10 meter). Sehingga $P = -\frac{1}{10}$ dioptri.

Jadi, orang tua tersebut harus memakai kacamata rangkap (bivokal) dengan ukuran +2 dioptri dan -0,1 dioptri.

## 2. Kamera

Kamera merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan bayangan fotografi pada film negatif. Pada dinding muka kamera terdapat lubang kecil yang berguna untuk memasukkan berkas-berkas cahaya dengan melewati lensa positif yang disebut lensa objektif. Melalui lensa objektif tersebut, terbentuk bayangan nyata, terbalik, dan diperkecil pada film negatif.

Tombol
Lensa
Film
Gambar
Apertur

**Gambar 14.77** Kamera

Untuk membentuk bayangan yang jelas, jarak bayangan harus diatur besar kecilnya, yaitu dengan cara menggeserkan lensa objektif ke dalam atau ke luar. Untuk mengatur kekuatan cahaya dipergunakan sebuah *diafragma* yang dapat diatur besar kecilnya. Sebagai pelat film dipakai pelat *celluloid* yang dilapis dengan lapisan gelatin dengan *perak-bromida* yang menghasilkan negatifnya. Setelah dicuci, negatif tersebut dipakai untuk mendapatkan gambar positif pada kertas potret, yaitu kertas yang ditutup dengan lapisan tipis *kolodium* yang dicampuri *perak-klorida*. Kalau gambar yang ditimbulkan itu pada sebidang kaca atau film dinamakan diapositif.

Kamera lain adalah kamera digital, prinsip kerjanya dengan kamera film sama, bedanya film diganti kartu memori sebagai penyimpan gambar.

## 3. Lup

Lup digunakan untuk mengamati benda-benda kecil agar tampak besar dan jelas. Alat ini sering dipakai, antara lain oleh tukang arloji, pedagang kain, dan pedagang intan. Lup terdiri dari sebuah lensa cembung. Ada dua cara dalam menggunakan lup, yaitu dengan mata berakomodasi dan dengan mata tak berakomodasi.

### *a. Mata berakomodasi maksimum*

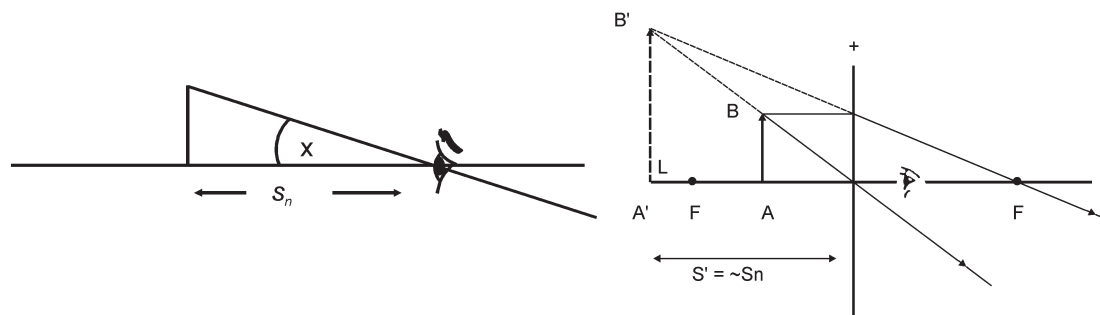
Pada saat mata belum memakai lup, sebuah benda akan tampak paling jelas jika benda diletakkan paling dekat pada titik dekat mata tersebut ($s = s_n$). Dengan demikian, mata melihat benda dengan sudut pandang a.

Agar benda tampak lebih besar dan jelas perlu dipergunakan lup. Benda yang diamati harus diletakkan pada jarak kurang dari jarak titik api lup tersebut ($s < f$).

Untuk mata yang menggunakan lup dengan berakomodasi maksimum, bayangan yang terjadi adalah maya, tegak, lebih besar, dan terletak pada titik dekat mata tersebut sehingga $s' = - s_n$.

Dengan memakai lup, mata melihat benda dengan sudut pandang b. Dengan demikian, terjadi perbesaran yang disebut *perbesaran sudut (anguler)* = $\gamma$ (gamma).

Hal itu secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$\gamma = \dfrac{\beta}{\alpha}$. Karena sudut-sudutnya kecil, dapat ditulis:

*a. posisi benda untuk mata berakomodasi maksimum* *b. mata berakomodasi maksimum saat memakai lup*

**Gambar 14.78** Penggunaan lup

$$\gamma = \frac{tg\beta}{tg\alpha} = \frac{h/s}{h/s_n}$$

Karena $s = \dfrac{s_n f}{s_n + f}$ maka

$$\gamma = \frac{s_n}{f} + 1$$

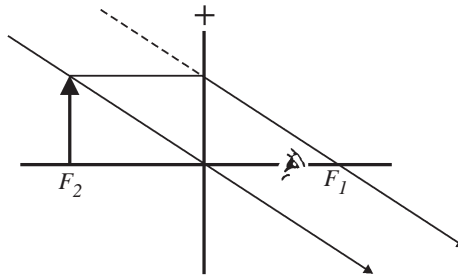
## b. Mata tak berakomodasi

Mengamati benda dengan menggunakan lup dan dengan mata berakomodasi secara terus-menerus akan melelahkan mata. Oleh karena itu, pengamatan dapat dilakukan dengan mata tak berakomodasi.

Menggunakan lup dengan mata tak berakomodasi, benda yang diamati harus diletakkan di titik fokus lup tersebut ($s = f$). Perhatikan gambar.

Lup untuk mata tak berakomodasi $s = f$

$\gamma = \frac{s_n}{f}$ adalah rumus perbesaran anguler lup untuk mata tidak berakomodasi

$F_2$ $F_1$

**Gambar 14.79** Menggunakan lup dengan mata tak terakomodasi

### Kecakapan Kontekstual

Seorang tukang arloji mempunyai titik dekat 40 sentimeter, menggunakan lup. Dengan mata berakomodasi, tukang arloji itu memperoleh perbesaran 5 kali.

a. Berapakah kekuatan lup tersebut?

b. Berapakah perbesaran sudutnya jika mata tak berakomodasi?

## 4. Mikroskop

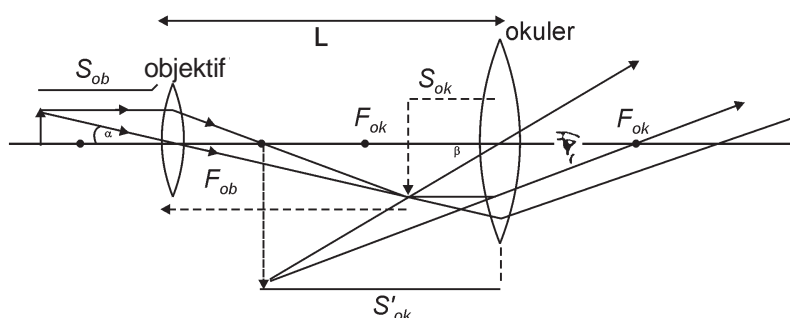
Mikroskop digunakan untuk mengamati benda-benda renik, misalnya bakteri dan klorofil daun. Alat ini terdiri dari lensa objektif, berupa lensa cembung dan lensa okuler, juga berupa lensa cembung. Lensa objektif adalah lensa yang dekat dengan objek dan lensa okuler adalah lensa yang dekat dengan mata (*oculus*).

Agar benda yang diamati dapat kelihatan besar sekali dan mikroskop tidak terlalu panjang, $f$ objektif dibuat lebih pendek dari $f$ okuler (lensa objektif lebih kuat daripada lensa okuler). Benda yang akan diamati diletakkan di depan lensa objektif antara titik $F$ dan $2F$ atau ($f < s < 2f$).

Bayangan yang dibentuk lensa objektif dianggap benda oleh lensa okuler. Lensa okuler berfungsi sebagai *lup*.

Dalam pemakaian sehari-hari posisi mikroskop biasanya tegak sehingga sumbu utama mikroskop tersebut juga tegak. Akan tetapi, untuk mempermudah dalam mengikuti jalannya sinar, sumbu utama mikroskop dilukis mendatar. Pengamatan menggunakan mikroskop dapat dilakukan dengan mata berakomodasi maksimum dan mata tak berakomodasi.

## a. Mata berakomodasi maksimum

Perhatikan gambar 14.80a di bawah ini. Oleh karena lensa okuler berfungsi sebagai lup, untuk pengamatan dengan mata berakomodasi maksimum, lensa okuler diatur demikian agar bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif jatuh di antara titik 0 dan F lensa okuler.



**Gambar 14.80a** Menggunakan mikroskop dengan mata berakomodasi maksimum

Dengan demikian, perbesaran anguler dapat dicari sebagai berikut.

$$\gamma = M_{\text{objektif}} \times M_{\text{okuler}}$$

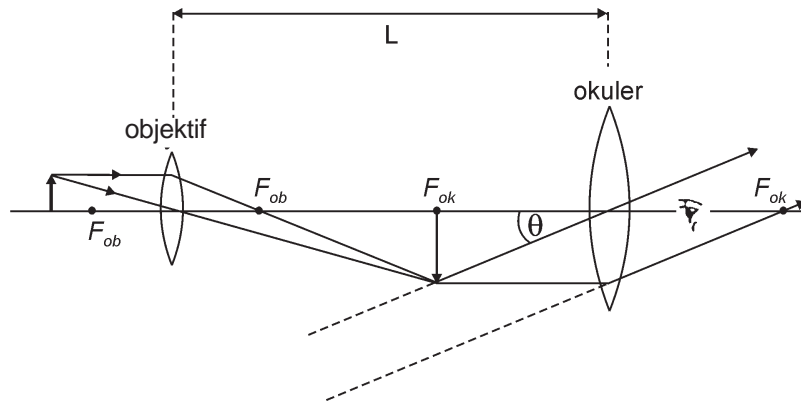
karena $\gamma$ lup $= \frac{S_n}{f} + 1$, maka

$$\gamma = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \left( \frac{S_n}{f_{ok}} + 1 \right)$$ (rumus perbesaran mikroskop untuk mata berakomodasi maksimum)

Panjang mikroskop dapat dinyatakan:

$$L = s'_{ob} + s_{ok}$$

## b. Mata tak berakomodasi

Perhatikan gambar14.80b. Oleh karena lensa okuler berfungsi sebagai lup, untuk pengamatan dengan mata tak berakomodasi, lensa okuler harus digeser demikian agar bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif jatuh pada *F* (**titik fokus**) lensa okuler. Dengan demikian, perbesaran **angulernya** dapat dicari sebagai berikut.

Gambar 14.80b Menggunakan mikroskop dengan mata tak berakomodasi

$$\gamma = M_{\text{objektif}} \times M_{\text{okuler}} \quad \rightarrow \quad (\text{karena } \gamma \text{ lup} = \frac{S_n}{f})$$

$$\gamma = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \times \frac{S_n}{f_{ok}} \text{(rumus perbesaran mikroskop untuk mata tak berakomodasi)}$$

Panjang mikroskop dapat dinyatakan:

$$L = s'_{ob} + f_{ok}$$

## 5. Teropong

Teropong merupakan alat yang digunakan untuk mengamati benda-benda yang letaknya jauh agar kelihatan lebih dekat dan jelas. Ada beberapa jenis teropong. Dipandang dari letak objeknya dapat dibedakan menjadi teropong bintang dan teropong medan.

### a. Teropong bintang

Teropong bintang digunakan untuk mengamati benda-benda langit, seperti bintang, planet, dan satelit. Teropong ini sering disebut *teropong astronomi*. Menurut jalannya sinar, teropong bintang dapat dibedakan menjadi *teropong bias* dan *teropong pantul*. Teropong bias dan teropong pantul menggunakan prinsip yang sama.

#### 1) Teropong bias

Teropong bias menggunakan lensa objektif dan okuler yang berupa lensa cembung. Oleh karena jalannya sinar yang masuk pada teropong dibiaskan oleh lensa, teropong ini disebut *teropong bias*. Objek yang diamati letaknya sangat jauh sehingga bayangan yang

dibentuk lensa objektif terletak pada titik fokus objektif. Bayangan itu dianggap sebagai benda oleh lensa okuler. *Lensa* okuler berfungsi sebagai lup. Agar bayangan yang terjadi besar dan jelas, diusahakan *f* objektif lebih panjang dibandingkan *f* okulernya. Pengamatan bintang dengan menggunakan teropong dapat dilakukan dengan mata berakomodasi maksimum dan mata tak berakomodasi.

### a) Mata berakomodasi maksimum

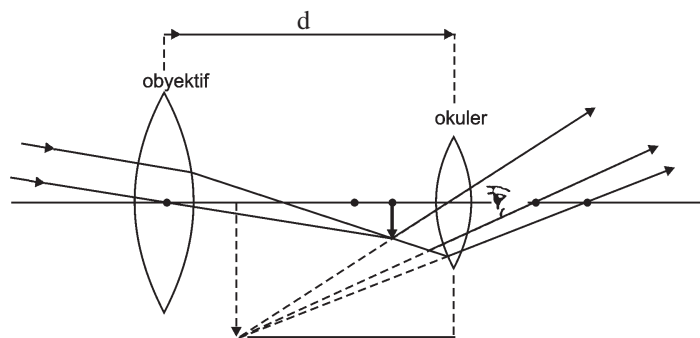
Perhatikan gambar 14.81! Oleh karena lensa okuler berfungsi sebagai lup, untuk pengamatan dengan mata berakomodasi lensa okuler digeser sedemikian agar bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif jatuh di antara *F* dan *O* lensa okuler. Gambar 14.81.

Dengan demikian, perbesarannya adalah:

$\gamma = \frac{\beta}{\alpha}$ (untuk sudut kecil)

$\gamma = \frac{tg\beta}{tg\alpha} = \frac{\frac{h}{s_{ob}}}{\frac{h}{s'_{ok}}}$ (karena $s'_{ob} = f_{ob}$)

maka $\gamma = \frac{f_{ok}}{s_{ok}}$ (rumus perbesaran teropong bias untuk mata berakomodasi maksimum)

Panjang teropong dapat dinyatakan: $L = f_{ob} + s_{ok}$



**Gambar 14.81** Menggunakan teropong bias dengan mata berakomodasi maksimum

### b) Mata tak berakomodasi

Untuk mata tak berakomodasi, lensa okuler yang berfungsi sebagai lup diatur sedemikian rupa agar bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif tepat berada pada titik fokus (*F*) lensa okuler. Perbesarannya dapat dicari sebagai berikut.

$\gamma = \frac{\beta}{\alpha}$ (untuk sudut kecil)

$$\gamma = \frac{tg\beta}{tg\alpha} = \frac{\frac{h}{s_{ok}}}{\frac{h}{s_{ob}}} \quad \text{(karena } s_{ob}, s_{ok} - f_{ok}\text{)}$$

maka $\gamma = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}}$ rumus perbesaran anguler teropong bias, untuk mata tak berakomodasi.

**Kecakapan Personal**

Coba lukis terjadinya bayangan pada teropong bias untuk mata tak berakomodasi dan tuliskan panjang teropong tersebut!

**Catatan**

Benda-benda langit pada umumnya berbentuk bulat. Oleh karena itu, meskipun bayangan yang terjadi terbalik, tidak terlalu menjadi masalah. Karena meski terbalik, bentuknya tetap bulat.

Di dalam pengamatan dengan teropong, biasanya sumbu teropong diarahkan ke pusat benda (yang bulat). Dengan demikian, yang tampak pada lukisan teropong bintang sebenarnya hanya jari-jarinya.

### b. Teropong medan (teropong bumi)

Untuk melihat benda-benda yang jauh di permukaan bumi sebenarnya dapat digunakan teropong bintang, tetapi bayangan yang tampak terbalik.

Oleh karena itu, dibuatlah teropong yang dapat digunakan untuk mengamati objek jauh yang terletak di permukaan bumi yang menghasilkan bayangan tegak. Alat ini disebut *teropong bumi*. Teropong ini juga sering digunakan dalam pelayaran, pendakian gunung, dan pada medan pertempuran. Teropong bumi sering disebut *teropong medan*.

Teropong medan terdiri dari tiga lensa, yaitu lensa objektif, lensa pembalik, dan lensa okuler yang masing-masing berupa lensa cembung. Lensa pembalik hanya berfungsi untuk membalik bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif agar menjadi tegak. Selain itu, lensa pembalik tidak mengakibatkan perbesaran. Untuk itu bayangan yang dibentuk lensa objektif harus diletakkan pada jarak $2f_{\text{lensa pembalik}}$.

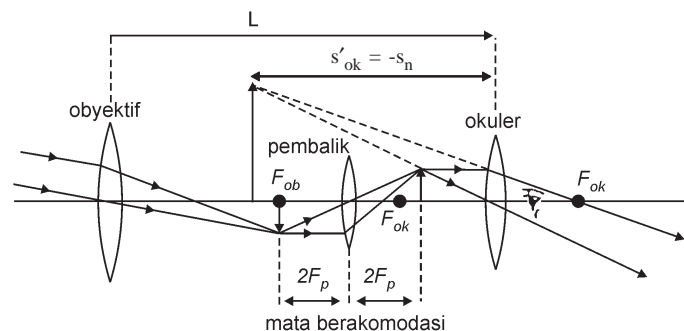
Lensa okuler berfungsi sebagai lup. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa teropong medan sebenarnya merupakan teropong bintang yang dilengkapi lensa pembalik yang diletakkan di antara lensa objektif dan lensa okuler. Pengamatan dengan menggunakan teropong medan dapat dilakukan dengan mata berakomodasi maksimum dan mata tak berakomodasi.

- Mata berakomodasi maksimum

  Perhatikan gambar 14.82! Oleh karena lensa pembalik tidak mengakibatkan perbesaran, perbesaran teropong medan sama dengan perbesaran teropong bintang (bias). Dengan demikian, untuk mata berakomodasi perbesaran angulernya adalah:

$$\gamma = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

Panjang teropong adalah:

$$L = F_{ob} + 4f_p + s_{ok}$$


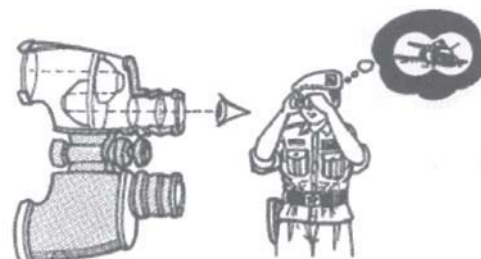

**Gambar 14.82** *Teropong bumi, mata berakomodasi maksimum*

## Keterkinian

Coba lukis bayangan yang terjadi pada teropong medan untuk pengamatan oleh mata yang tidak berakomodasi, serta tuliskan mengenai perbesaran anguler dan panjang teropong.

Coba bandingkan panjang teropong saat digunakan oleh mata yang tidak berakomodasi dengan panjang teropong saat digunakan oleh mata berakomodasi! Mana yang lebih panjang?

## *d. Teropong prisma*

Teropong medan ukurannya memang panjang. Agar teropong tersebut menjadi relatif pendek/praktis, untuk itu lensa pembaliknya diganti dengan sepasang prisma sehingga menjadi teropong prisma.

**Gambar 14.83** Teropong prisma

## Kecakapan Personal

Sebuah teropong mempunyai jarak lensa objektif dan okuler 1,0 meter. Teropong itu digunakan oleh seorang yang berpenglihatan normal, ternyata mempunyai perbesaran sudut 99×. Hitung berapa jarak fokus lensa objektif dan okulernya!

## Kecakapan Kontekstual

1. Ada dua orang memakai kacamata dan sedang berkemah. Yang satu bermata terang dekat dan yang lain bermata terang jauh. Mereka ingin membuat api dengan sinar matahari. Kacamata siapa yang tepat untuk dipergunakannya? Berikan penjelasan!
2. Seorang rabun dekat (hipermetropi) tidak dapat melihat dengan jelas suatu objek yang lebih dekat dari 50 sentimeter. Agar dapat membaca pada jarak normal (25 sentimeter), berapakah ukuran lensa kacamata yang harus ia pakai?
3. Jarak benda yang terdekat yang dapat dilihat dengan jelas oleh orang lanjut usia adalah 40 sentimeter. Agar orang itu dapat melihat seperti mata normal, tentukan ukuran lensa kacamata yang harus dipakai!
4. Dua orang A dan B masing-masing mempunyai titik dekat 25 sentimeter dan 75 sentimeter. Keduanya ingin menggunakan kaca pembesar sama. Berilah penjelasan siapa yang paling besar menghasilkan kaca pembesar!
5. Dapatkah lensa negatif digunakan sebagai kaca pembesar? Berilah penjelasannya!

## Rangkuman

1. Getaran adalah gerakan bolak-balik secara periodik melalui titik keseimbangan.
2. Gelombang adalah getaran yang merambat.
3. Menurut arah rambatnya gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

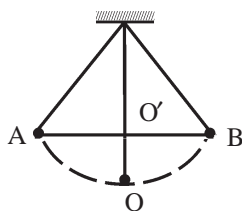
4. Bagian penting dan mata antara lain kornea, iris, lensa, dan retina.
5. Benda terlihat oleh mata jika bayangan benda jatuh pada retina.
6. Daya akomodasi adalah kemampuan dari otot mata untuk mengubah kecembungan lensa mata.
7. Titik dekat (punctum proksimuni) ialah titik yang terdekat yang dapat dilihat dengan jelas saat mata berakomodasi maksimum.
8. Titik jauh (punctum remotum) ialah titik yang terjauh yang dapat dilihat dengan jelas saat lensa mata sepipih-pipihnya.
9.

| No. | Keadaan | Titik Dekat | Titik Jauh | Penyebab | Ditolong Kacamata Berlensa |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Normal | 25 cm | ~ | - | - |
| 2. | Rabun jauh | <25 cm | ~ | Lensa mata terlalu cembung (bola mata lonjong) | negatif |
| 3. | Rabun dekat | >25 cm | ~ | Lensa mata terlalu pipih/bola mata pipih | cembung |
| 4. | Mata tua | >25 cm | ~ | - | rangkap (bifocal) |

## Uji Kompetensi

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

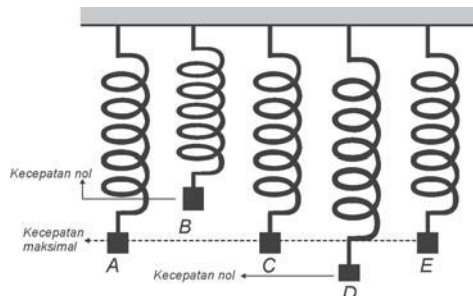
1. Dari ayunan di samping, jika O titik setimbang, A dan B simpangan terjauh, maka amplitudo getarannya adalah ....

   a. OA
   b. OB
   c. AB
   d. O′B atau O′A

2. Sebuah beban 20 gram digantungkan di ujung pegas, kemudian ditarik hingga menyimpang 4 cm dan dilepaskan hingga bergerak harmonis. Amplitudo getaran disebut ....

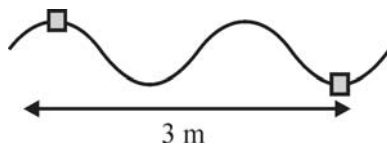
   a. kurang dari 4 cm
   b. lebih dari 4 cm
   c. 3 cm
   d. 4 cm

3. Sebuah ayunan seperti soal nomor 1 mempunyai periode 0,4 sekon. Waktu yang dibutuhkan dari B sampai ke A adalah ....
   a. 0,1 s
   b. 0,2 s
   c. 0,3 s
   d. 0,4 s

4. Getaran yaitu ....
   a. gerak bolak-balik
   b. gerak bolak-balik melalui titik seimbang
   c. gerak yang membalik
   d. gerak yang simpangannya tidak sebanding dengan gaya

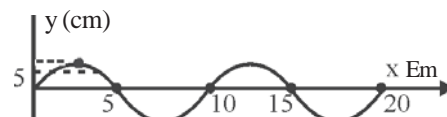
5. Posisi benda yang bergetar seperti pada gambar di bawah, titik yang disebut titik seimbang ....



   a. A, C, E
   b. B, C, D
   c. C, D, E
   d. A, B, C

6. Panjang gelombang pada gambar di bawah adalah ....



   a. 2,5 m
   b. 2,0 m
   c. 1,5 m
   d. 1,25 m

7. Cahaya dapat melalui ruang hampa, maka termasuk gelombang ....
   a. longitudinal
   b. transversal
   c. mekanik
   d. elektromagnetik

8. Panjang gelombang di bawah adalah ....



   a. 5 cm
   b. 10 cm
   c. 15 cm
   d. 20 cm

9. Kecepatan gelombang radio adalah $3 \times 10^8$ m/s. Jika radio menangkap siaran RRI yang bekerja pada gelombang 60 m, maka frekuensi gelombangnya ....
   a. 50 MHz
   b. 5 MHz
   c. 50 KHz
   d. 5 KHz

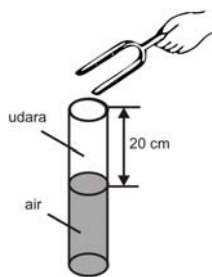
10. Gelombang sferik terpantul pada permukaan datar, gelombang pantulnya berupa ....
    a. gelombang sferik yang seletak (tidak berubah posisi)
    b. gelombang sferik yang membalik
    c. gelombang datar
    d. gelombang longitudinal

11. Bunyi termasuk gelombang ....
    a. yang menjalar lewat hampa
    b. transversal
    c. elektromagnet
    d. longitudinal

12. Bunyi terjadi karena adanya, **kecuali** ....
    a. sumber bunyi yang bergetar
    b. cepat rambat bunyi
    c. medium (zat antara)
    d. pendengar

13. Laju bunyi berfrekuensi 400 Hz di udara 340 m/s, bunyi berfrekuensi 800 Hz. Pada udara tersebut mempunyai laju ....
    a. 850 m/s
    b. 680 m/s
    c. 340 m/s
    d. 170 m/s

14. Kecepatan bunyi di udara 320 m/s, resonansi pertama terjadi pada panjang kolom udara 20 cm. Frekuensi garputala ....

udara
20 cm
air

    a. 400 Hz
    b. 420 Hz
    c. 500 Hz
    d. 512 Hz

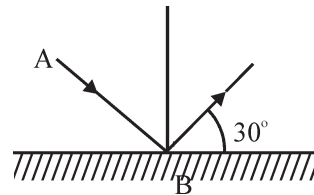
15. Salah satu perbedaan antara gema dan gaung adalah ....
    a. gaung memperjelas bunyi asli, gema tidak
    b. gaung mengaburkan bunyi asli, gema memperjelas bunyi asli
    c. jarak bidang pantul yang menghasilkan gaung lebih jauh
    d. selang waktu datangnya gaung lebih cepat

16. Bila panjang dawai diperpendek menjadi setengahnya, maka frekuensinya ....
    a. naik 4 kalinya
    b. naik 2 kalinya
    c. turun 4 kali
    d. turun 3 kali

17. Bayangan benda di depan cermin datar bersifat ....
    a. maya, tegak, sama besar
    b. maya, tegak, diperbesar
    c. maya, tegak, diperkecil
    d. nyata, terbalik, sama besar

18. Sinar AB terpantul pada cermin datar seperti gambar di bawah. Sudut datang sinar AB ....

A
30°
B

    a. $30^o$
    b. $50^o$
    c. $60^o$
    d. $90^o$

19. Sinar pantul dengan sinar datang AB dari gambar di atas, bersudut ....
    a. $60^o$
    b. $90^o$
    c. $120^o$
    d. $150^o$

20. Lukisan pembiasan cahaya dari udara ke air seperti gambar, yang menyatakan indeks bias air adalah ....

A B
udara
D air C E
AC = CF
G F

    a. $\frac{FG}{AB}$
    b. $\frac{CE}{CD}$
    c. $\frac{AB}{FG}$
    d. $\frac{EF}{AD}$

21. Indeks bias air = $\frac{4}{3}$, indeks bias gelas $\frac{3}{2}$. Indeks bias relatif air terhadap gelas ....
    a. $\frac{1}{2}$
    b. 2
    c. $\frac{9}{8}$
    d. $\frac{8}{9}$
22. Lensa cembung bersifat ....
    a. menyebarkan sinar bias
    b. membuat sinar sejajar sumbu utama
    c. mengumpulkan sinar
    d. maya titik apinya
23. Benda yang berada di tak terhingga dari lensa cembung yang berjarak titik api 15 cm terbentuk bayangan benda itu pada jarak ....
    a. 15 cm di depan lensa
    b. 15 cm di belakang lensa
    c. 30 cm di depan lensa
    d. 30 cm di belakang lensa
24. Sebuah lensa jarak titik apinya 40 cm, kekuatan lensa itu ....
    a. 25 D
    b. 2,5 D
    c. 0,25 D
    d. 0,025 D
25. Dua buah lensa cembung masing-masing berkekuatan 50 D dan 5 D dipasang sejajar hingga sumbu utamanya berimpit, agar benda di tak terhingga dari lensa pertama dibentuk bayangannya di tak terhingga oleh lensa kedua, jarak kedua lensa itu ....
    a. 55 cm
    b. 22 cm
    c. 5,5 cm
    d. 2,2 cm

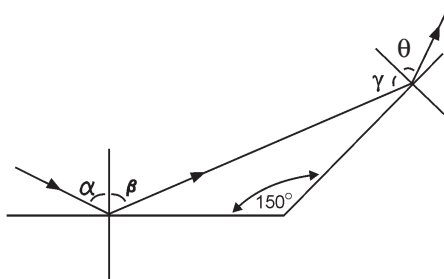
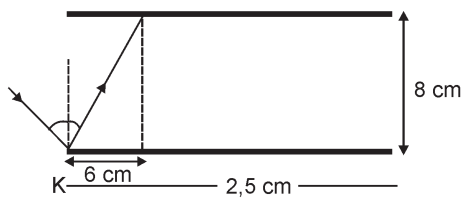
**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jawaban yang benar!**

1. Bilamana sebuah benda dikatakan bergetar?
2. Sebuah benda bergetar, jumlah getaran yang dilakukan dalam 15 sekon adalah 75 kali. Tentukan:
   a. frekuensi getarannya
   b. periode getarannya
3. Gelombang laut memecah di pantai sebanyak 2 gelombang tiap setengah sekon. Berapa periode gelombang itu?
4. Sebutkan 5 contoh gelombang elektromagnetik!
5. Sebuah pemancar bersiaran pada panjang gelombang 100 m, cepat rambat gelombang radio $3 \times 10^8$ m/s. Berapa MHz frekuensi gelombang radio itu?
6. Mengapa orang di bulan tidak dapat berkomunikasi dengan suara? Jelaskan!

7. Pulsa-pulsa gelombang bunyi dikirimkan dari kapal ke dasar laut. Gemanya diterima setelah 2 sekon. Bila laju bunyi di air 1.400 m/s, hitung dalamnya laut!
8. Bila nada $c_1$ = 528 Hz, hitung frekuensi nada $a_1$!
9. Garputala $B_3$ oktaf dari garpu tala berfrekuensi 400 Hz. Hitung frekuensi garpu tala $B_3$ tersebut!
10. Bila nada dasar dawai yang panjangnya 80 cm = 400 Hz, maka nada dasar dawai yang panjangnya 40 cm berapa Hz?
11. Dua cermin datar membentuk 5 buah bayangan dari sebuah benda di antara 2 cermin yang berhadapan tersebut. Berapa sudut antara kedua cermin tersebut?
12. Sebuah cermin cekung mempunyai jarak titik api 15 cm, hitunglah jarak bayangan, perbesaran serta sifat bayangan jika benda yang tingginya 2 cm berada 10 cm di depan cermin tersebut!
13. Cermin cembung jari-jarinya 40 cm, sebuah benda berada 20 cm di depan cermin tersebut:
    a. Lukis bayangannya!
    b. Tentukan perbesarannya!
14. Dua lensa dengan jarak fokus masing-masing 3 sentimeter dan 45 sentimeter akan dipergunakan untuk membuat teleskop. Lensa mana yang tepat dipakai sebagai lensa objektif? Berilah penjelasannya!
15. Teropong astronomi mempunyai perbesaran sudut 184 kali dan jarak fokus objektif 80 sentimeter. Berapakah jarak fokus lensa okuler teropong tersebut?

## Tugas Proyek

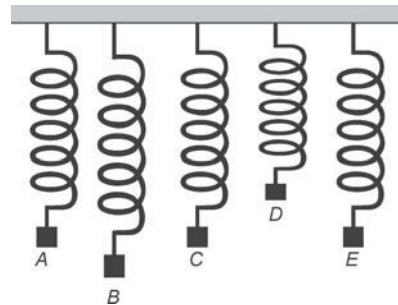
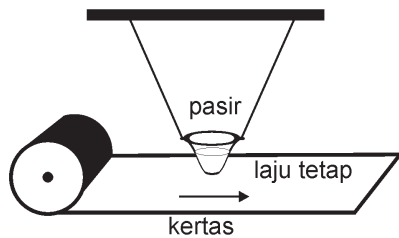
**Tugas Mandiri**

**Kerjakan dengan jelas!**

1. Sistem dua cermin datar. Bila $\alpha$ = 70o, berapakah $\theta$?

2. Dua cermin datar sejajar berjarak 8 cm, sedangkan panjangnya 2,5 m. Sinar PA terpantul berturut-turut oleh cermin 1, 2, dan seterusnya.

Setelah mengalami berapa kali pemantulan sinar PA keluar dari sistem dua cermin tersebut?

3. Sebuah mikroskop mempunyai kekuatan lensa objektif 50 dioptri. Sebuah objek diletakkan pada jarak 2,2 sentimeter di bawah objektif. Jika perbesaran lensa okuler 10 kali, tentukan perbesaran mikroskop tersebut!

**Tugas kelompok**

1. Pada saat beban berada di B dan D beban berhenti sejenak dan ketika beban di A dan C, E beban lajunya terbesar.
   a. Mana yang menyatakan amplitudo?
   b. Mana yang menyatakan waktu satu periode?
   c. Ke mana arah gerak beban ketika berada di C dan E?

2. Bila pasir mengucur dari lubang corong di samping yang bergetar harmonis dan kertas digerakkan tegak lurus arah getaran corong:
   a. Gambarlah garis yang merupakan cucuran pasir pada kertas!
   b. Samakah amplitudo getaran dengan amplitudo grafik cucuran pasir?

3. Sebuah teropong astronomi mempunyai jarak fokus lensa objektif dan okuler masing-masing 92 sentimeter dan 0,8 sentimeter. Teropong digunakan oleh seorang pengamat yang bermata normal untuk melihat bintang dengan mata tak berakomodasi. Hitung perbesaran sudut teropong tersebut!

## Latihan Soal Akhir Semester II

**Kerjakan di buku tugasmu!**

**A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Gelombang yang mempunyai rapatan dan renggangan disebut gelombang ....
   a. longitudinal
   b. transversal
   c. mekanik
   d. elektromagnetik

2. Gelombang yang mempunyai puncak dan lembah disebut gelombang ....
   a. longitudinal
   b. transversal
   c. mekanik
   d. elektromagnetik

3. Cahaya dapat melalui ruang hampa, maka termasuk gelombang ....
   a. longitudinal
   b. transversal
   c. mekanik
   d. elektromagnetik

4. Vibrator bergetar dengan frekuensi 50 Hz, amplitudo 4 cm, maka frekuensi dan amplitudo gelombang pada tali adalah ....
   a. 50 Hz dan 2 cm
   b. 50 Hz dan 4 cm
   c. 25 Hz dan 2 cm
   d. 25 Hz dan 4 cm

5. Benda di ujung pegas berayun, jumlah ayunan sebanyak 30 ayunan dilakukan selama 0,6 menit. Periode ayunan itu ....
   a. 0,02 s c. 1,2 s
   b. 0,12 s d. 18 menit

6. Satuan frekuensi dalam Sistem Internasional, **kecuali** ....
   a. Hz c. MHz
   b. $S^{-1}$ d. cps

7. Getaran harmonis dengan periode 0,02 sekon, frekuensi getaran tersebut ....
   a. 2 Hz c. 20 Hz
   b. 5 Hz d. 50 Hz

8. Yang menentukan periode ayunan beban seperti gambar di bawah adalah ....

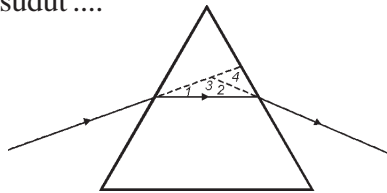


   a. panjang ayunan ($\ell$)
   b. laju ($v$)
   c. massa ($m$)
   d. $\ell$ dan $m$

9. Hubungan yang benar adalah ....



   a. $\sin i\,(n_2) = \sin r\,(n_1)$
   b. $\sin i\,(n_1) = \sin r\,(n_2)$
   c. $\sin i \times \sin r = n_1 \times n_2$
   d. $\sin i \sin r = \dfrac{n_2}{n_1}$

10. Yang dimaksud sudut deviasi adalah sudut ....

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

11. Indeks bias prisma 1,6 sudut pembias prisma 8°, maka sudut deviasi minimumnya adalah ....

a. 12,8°
b. 5°
c. 4,8°
d. 4°

12. Cermin cekung bersifat ....

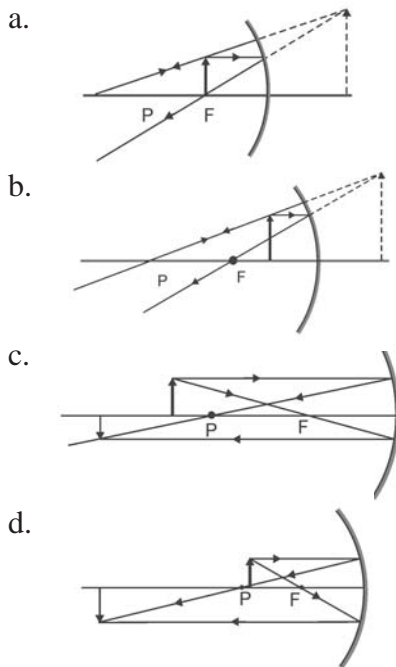
a. membentuk bayangan maya
b. membentuk bayangan nyata
c. menyebarkan sinar
d. mengumpulkan sinar

13. Lukisan pembentukan bayangan yang tepat pada cermin cekung adalah ....

a.

b.

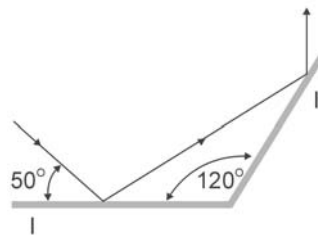
c.

d.

14. Semua benda di depan cermin cembung bayangannya ....

a. maya, tegak, diperkecil
b. maya, tegak, diperbesar
c. nyata, tegak, diperkecil
d. nyata, terbalik, diperbesar

15. Cermin yang paling tepat digunakan untuk spion kendaraan adalah ....

a. cekung
b. datar
c. cembung
d. parabola

16. Sudut pantul sinar pada cermin II adalah ....

a. 80°
b. 60°
c. 40°
d. 20°

17. Benda yang berada di fokus lensa cembung akan terbentuk bayangannya di ....

a. 2*F*
b. *F*
c. pusat kelengkungan
d. tak terhingga

18. Semua benda yang berada di depan lensa cekung bayangannya adalah ....

a. maya, diperbesar, terbalik
b. nyata, diperkecil, tegak
c. nyata, diperbesar, terbalik
d. maya, tegak, diperkecil

19. Sebuah benda terletak 20 cm di depan lensa cembung yang jarak titik apinya 4 cm, bayangannya terletak sejauh ....
    a. 16 cm   c. 10 cm
    b. 15 cm   d. 5 cm

20. Sebuah lensa cekung kekuatannya $-\frac{1}{2}$ dioptri, jarak titik apinya ....
    a. -2 cm   c. -200 cm
    b. -20 cm   d. -2.000 cm

**B. Jawablah dengan benar pertanyaan berikut ini!**

1. Jelaskan bunyi hukum Newton!
2. Sebutkan jenis-jenis gaya dan bentuk bentuk energi!
3. Jelaskan perbedaan tekanan benda padat, cair, dan gas!
4. Sebuah mikroskop mempunyai jarak fokus lensa objektif dan okuler masing-masing 2,5 mm dan 5 sentimeter. Seorang bermata emetropi menggunakan mikroskop tanpa berakomodasi. Ternyata, didapatkan perbesaran sudut 250 kali. Hitung panjang mikroskop tersebut!
5. Sebutkan macam-macam alat-alat optik dalam penerapannya pada kehidupan sehari-hari.

# Daftar Pustaka


Allonso, Finn. 2004. *Fundamental Physics*. Vol. 1, 2, dan 3. New York : Addison Wesly Publishing Company.

Athur Beiser, Diterjemahkan oleh The Houw Liong Ph. D. 1986. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta : Erlangga.

Abdul Basir dkk. 1986. *Energi Gelombang dan Medan Jilid 2a dan 2b*. Semarang : Effhar Offset.

Ahmad Ramali dan K, St. Pamoentjak. 1993. *Kamus Kedokteran*. Jakarta : Penerbit Djambatan.

Arm, Karen and Pamela S. Camp. 2000. *Biology : A Journey Into Life*. New York : Sounders College Publishing.

________, 2000. *Biology*. Philadelphia : Sounders College Publishing.

Ayala, Fransisco J. and Janet L. Hopson. 2001. *Study Guide to Accompany Essentials of Biology*. New York : Mc Graw-Hill Inc.

Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). 2006. *Standar Isi*, yang penggunaannya berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional (Permendiknas) Nomor 22 Tahun 2006.

Baker J.J.W dan G.E Allen. 2000. *A Course in Biology*. London : Addison - Wesley Publishing Company.

Brosnan, Deborah M. and Janet L. Hopson. 2001. *Study Guide to Accompany Essentials of Biology*. New York : Mc Graw-Hill Inc.

Brum G.D dan L.K. Mc Kane. 2000. *Biology, Exploring Life*. New York : John Wiley & Sons.

Bambang Hidayat, Dr. dkk. *Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa Jilid 1, 2, dan 3.*

Benny Suprapto dkk. 1986. *Energi Gelombang dan Medan*. Semarang : Effhar Offset.

David Holliday; Robert Resnick, Diterjemahkan oleh Pantur Silaban Ph.D. 1987. *Fisika*. Jakarta : Erlangga.

Davis, Bernard D. et. al 2001. *Microbiology*. New York : Harper and Row Publishers.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 2002. *Biologi 3 SMA*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Herlog Nursanyoto, dkk. 1992. *IL*. Massachusetts : PT Golden Terayon Press Edition.

Hiskia Achmad dkk. 1985. *Ilmu Kimia 1*. Semarang : PT. Panji Graha.

Keith Wicks. Diterjemahkan oleh Prof. Dr. Bambang Hidayat. 2000. *Bintang dan Planet*. Jakarta : PT. Widyadara.

Kursus Pendalaman Materi IPA - SLU. 2004. *Kumpulan Diktat Kuliah Fisika*. Banduung : Percetakan ITB.

Gunawan Suratmo. 2003. F. AMDAL. Yogyakarta : UGM.

Kuswanto, 2002. *IPBA*. Surakarta : Tiga Serangkai.

Kuswanto, 2002. *IPA*. Surakarta : Tiga Serangkai.

Kuswanto, 2000. *Dasar-dasar Geografi Alam-Falak*. Surakarta : Tiga Serangkai.

Soedjiran Resosoedarma. 2000. *Pengantar Ekologi*. Jakarta : IKIP

Soepono, M.Sc. dkk. 1999. *Energi Gelombang dan Medan Jilid 1*. Bandung : Star Offset.

_________________, 2000. *Zat dan Energi 1, 2, dan 3*. Semarang : PT Masscom Graphy.

Sutrisno, 1979. *Fisika Dasar, Gelombang dan Optik*. Bandung : Percetakan ITB.

______, 1983. *Fisika Dasar, Fisika Modern*. Bandung : Percetakan ITB.

Storrer, T.I. and R.L. 2004. Usinger. *General Zoology*. New York : Mc Graw-Hill Book Company.

Sukarno dkk. 2002. *Biologi 3 SMA*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Suryo, 1992. *Genetika*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Tootil, Elisabeth. 2002. *Dictionary of Biology*. New York : Facts on File Inc.

Tortora, Gerard J et al. 2001. *Microbiology*. Redwood City, California : The Benjamin/ Cummings, Publishing Company Inc.

Tom Duncan. 2001. *BCSE Physics*. Printed in Great Britani by The Alden Press, Oxford.

PK Barus dan Poernomo Imam. *Fisika 1*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

# Glosarium

| | | |
|---|---|---|
| Akromegali | : | pertumbuhan sendi-sendi membesar. |
| Antagonis | : | kerja otot yang saling berlawanan. |
| Artikulasi | : | hubungan antartulang. |
| Asam | : | zat yang jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan ion $H^+$. |
| ATP | : | *adenosin tri phosfat;* tenaga pada tubuh hasil metabolisme yang siap untuk digunakan. |
| Auksin | : | zat tumbuh yang ada di ujung batang. |
| Besaran pokok | : | besaran yang satuannya telah ditetapkan terlebih dahulu untuk menetapkan satuan besaran-besaran yang lain. |
| Besaran turunan | : | besaran yang satuannya diturunkan atau dijabarkan dari satuan besaran pokok. |
| Daya akomodasi | : | kemampuan mata untuk memperbesar kekuatan lensanya. |
| Diagram fase | : | diagram tekanan terhadap suhu, digunakan untuk melihat karakteristik air dan zat lainnya. |
| Faksis | : | gerak seluruh tubuh tumbuhan karena rangsang dari luar.<br>a. bila rangsang cahaya disebut fototaksis<br>b. bila rangsang zat kimia, kemotaksis |
| Gulma | : | tanaman pengganggu. |
| Gigantisme | : | pertumbuhan seperti raksasa. |
| Gerak peristaltik | : | gerak secara otomatis pada alat pencernaan yang mendorong makanan atau sisa makanan. |
| Gas | : | suatu zat di atas temperatur kritis pada diagram fase. |
| Gelombang elektromagnetik | : | gelombang yang dapat merambat dalam ruang hampa (vakum). |
| Gerak lurus beraturan | : | gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dan kelajuannya tetap. |
| Gerak lurus berubah beraturan | : | gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dan kecepatannya setiap saat berubah secara berurutan (percepatannya tetap). |
| Heterogen | : | campuran dari beberapa zat tunggal (serba neka). |
| Homogen | : | zat tunggal yang serba sama. |
| Hormon | : | getah yang dikeluarkan oleh kelenjar buntu (pada manusia). |
| Irreversible | : | perubahan ukuran yang tidak bisa kembali ke ukuran semula. |
| Iris | : | selaput yang berfungsi sebagai diafragma yang mengatur lebar celah mata (pupil). |
| Isolator | : | zat yang sulit dilalui kalor. |
| Insersi | : | ujung tandon yang melekat pada tulang yang bergerak. |
| Janin (fetus) | : | sebutan untuk embrio yang usianya sudah tiga bulan atau lebih. |
| Kartilago | : | tulang rawan. |

| | | |
|---|---|---|
| kloaka | : | bagian akhir alat pencernaan makanan, tempat bermuaranya saluran pencernaan, saluran kecing, dan saluran reproduksi; terdapat pada amfibi, unggas, dan reptil. |
| Kesetimbangan fase | : | titik di mana terjadi perubahan dari fase cair menjadi fase padat cair dan padat. |
| Kesetimbangan fase | : | titik di mana terjadi perubahan dari fase cair menjadi fase gas cair dan uap. |
| Kalor | : | energi yang diberikan karena perbedaan suhu, atau energi yang ditransfer dari suatu benda ke benda yang lainnya karena adanya perbedaan suhu. |
| Kalorimeter | : | alat yang digunakan untuk proses pengukuran kalor. |
| Kalor jenis | : | banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepas tiap satu kilogram massa, untuk menaikkan atau menurunkan suhu sebesar satu Kelvin. |
| Kalor laten | : | besar kalor yang diserap tiap satuan massa. |
| Kalor lebur | : | banyaknya kalor yang diperlukan tiap 1 kilogram zat untuk melebut pada titik leburnya. |
| Kalor uap (kalor didih) | : | banyaknya kalor yang diperlukan tiap 1 kilogram zat untuk menguap pada titik didihnya. |
| Kapasitas kalor | : | kemampuan suatu benda dalam menerima atau melepas kalor untuk menaikkan atau menurunkan suhu benda itu sebesar $1^{o}$C atau 1 K. |
| Larutan homogen | : | larutan yang serba sama (molekul zat tersebar merata seluruh zat cair). |
| Larutan heterogen | : | larutan yang serba neka. |
| Lakmus | : | zat indikator berasal dari lumut kerak berubah warna biru menjadi merah jika masuk ke asam, berubah merah menjadi biru jika dalam basa. |
| Membeku | : | perubahan wujud dari cair menjadi padat. |
| Mengembun | : | perubahan wujud dari gas menjadi cair. |
| Menguap | : | perubahan wujud dari cair menjadi uap atau gas. |
| Menyublim | : | peristiwa perubahan wujud dari padat menjadi gas. |
| Mikroskop | : | alat optik untuk mengamati benda-benda renik. |
| Molekul unsur | : | gabungan 2 atom atau lebih yang sejenis. |
| Molekul senyawa | : | gabungan 2 atom atau lebih yang tidak sejenis. |
| Menopause | : | masa dimana perempuan sudah tidak bisa lagi menghasilkan sel telur dan siklus menstruasi berhenti. |
| Metamorfosis (Metabola) | : | perubahan bentuk pada makhluk hidup dalam siklus hidupnya (bagi hewan), bagi tumbuhan disebut metagenesis. |
| Origo | : | ujung tandon yang melekat pada tulang yang tidak bergerak. |
| Osteon | : | tulang keras. |
| Ovum | : | sel kelamin betina. |
| Perubahan wujud | : | peristiwa perubahan zat dari suatu fase ke fase yang lain. |
| Pupil | : | bagian mata yang berfungsi sebagai pengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata. |
| Pubertas | : | masa perubahan (pancaroba) dari anak ke remaja yang terjadi perubahan fisik, tingkah laku yang menonjol. |

| | | |
|---|---|---|
| Radiasi | : | proses perpindahan kalor pada permukaan semua benda dalam bentuk gelombang energi. |
| Retina | : | bagian mata yang berisi ujung-ujung saraf yang berasal dari urat saraf optik. |
| Saluran havers | : | saluran berisi kapiler darah yang mengeluarkan zat makanan. |
| Sendi | : | hubungan yang terbentuk antara dua tulang. |
| Sinergis | : | kerja dua otot yang sama-sama berkontraksi untuk menggerakkan tulang. |
| Semikonduktor | : | bahan yang dapat menghantarkan aliran listrik atau menghambat aliran listrik, misalnya silikon. |
| Suhu | : | tingkat panas dan dinginnya suatu benda. |
| Tegangan listrik | : | gaya yang terdapat dalam elektron yang bergerak semakin cepat sepanjang sebuah rangkaian untuk membuat sebuah arus. |
| Termometer | : | alat untuk mengukur suatu benda. |
| Teropong | : | alat optik untuk mengamati benda-benda yang jauh letaknya sehingga tampak lebih dekat dan jelas. |
| Titik beku air | : | kondisi pada suhu $0^oC$ dengan tekanan 1 atmosfer, disebut juga kesetimbangan fase cair dan padat. |
| Titik dekat (punctum proximum) | : | jarak terdekat suatu benda yang dapat dilihat jelas oleh mata normal. |
| Titik didih | : | kondisi pada suhu $100^oC$ dengan tekanan 1 atmosfer, disebut juga kesetimbangan fase cair dan uap. |
| Titik jauh (punctum remotum) | : | jarak terjauh suatu benda yang masih dapat dilihat jelas oleh mata normal. |
| Titik lebur/leleh | : | suhu di mana zat padat melebur menjadi zat cair. |
| Titik tripel | : | suatu titik pada diagram fase di mana ketiga fase (padat, cair, dan gas) berada dalam kesetimbangan bersama. |
| Titik tumbuh primer | : | titik tumbuh yang ada di ujung batang atau ujung akar. |
| Titik tumbuh sekunder | : | titik tumbuh yang dipakai untuk membesarkan batang dan kulit kayu. |
| Uap | : | suatu zat di bawah temperatur kritis pada diagram fase, berupa fase gas. |

# Indeks

# Kunci Jawaban

**Uji Kompetensi Bab I**

1. a
2. b
3. c
4. d
5. a
6. b
7.
8 c
9. d
10. a

**Uji Kompetensi Bab II**

1. a
2. c
3. c
4. a
5. c
6. d
7. a
8 a
9. b
10. b

**Uji Kompetensi Bab III**

1. a
2. d
3. c
4. b
5. c

**Uji Kompetensi Bab IV**

1. b
2. c
3. d
4. c
5. c
6. c
7. d
8 a
9. b
10. c

**Uji Kompetensi Bab V**

1. a
2. a
3. c
4. a
5. a

**Uji Kompetensi Bab VI**

1. d
2. d
3. a
4. c
5. a

**Uji Kompetensi Bab VII**

1. b
2. a
3. b
4. a
5. c

**Uji Kompetensi Bab VIII**

1. c
2. d
3. c
4. b
5. d
6. c
7. a
8. c
9. c
10. c

**Uji Kompetensi Bab IX**

1. b
2. a
3. c
4. c
5. a
6. c
7. b
8. c
9. b
10. b

**Uji Kompetensi Bab X**

1. c
2. d
3. d
4. a
5. d
6. b
7. b
8. b
9. b
10. a

**Uji Kompetensi Bab XI**

1. c
2. a
3. c
4. d
5. c
6. c
7. d
8. c
9. d
10. d

**Uji Kompetensi Bab XIII**

1. b
2. b
3. c
4. b
5. b
6.
7. a
8. a
9. c
10. d

**Uji Kompetensi Bab XIV**

| | | |
|---|---|---|
| 1. d | 6. d | 11. d |
| 2. d | 7. b | 12. d |
| 3. b | 8. b | 13. b |
| 4. b | 9. a | |
| 5. a | 10. c | |

• Henry G. • Kuswanto • Tuti Hartiningsih

# IPA

## untuk SMP/MTs Kelas VIII

Jilid 2

ISBN 978-979-068-759-2 (nomor jilid lengkap)
ISBN 978-979-068-763-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2009 Tanggal 12 Februari 2009 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp17.466,-